

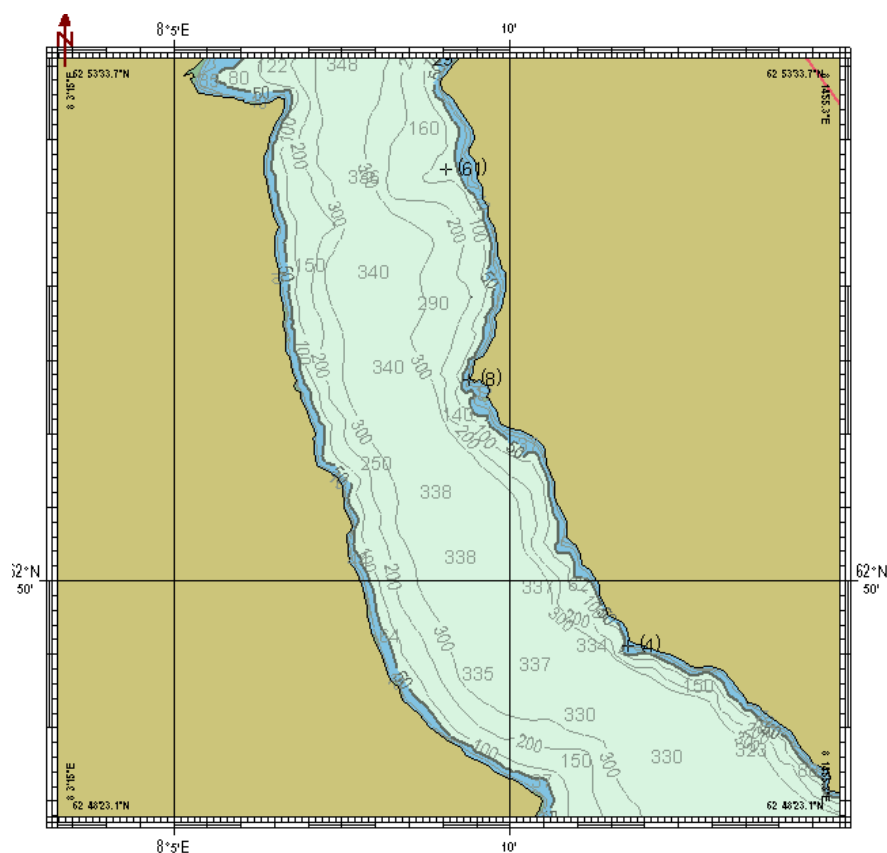


# NIVA

RAPPORT LNR 4727-2003

## Kartlegging av miljø- tilstand i fjordområdet ved Rausand, Sunndals- fjorden i 2003

Undersøkelser utført for  
Aluvest AS



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Kartlegging av miljøtilstand i fjordområdet ved Rausand, Sunndalsfjorden i 2003. Undersøkelser utført for Aluvest AS.	Løpenr. (for bestilling) 4727-2003	Dato 13. oktober 2003
	Prosjektnr. Undernr. 23220	Sider Pris 57
Forfatter(e) Brage Rygg Are Pedersen Frode Uriansrud	Fagområde OV Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område MRO	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Aluvest AS	Oppdragsreferanse
--------------------------------	-------------------

**Sammendrag**

**Bløtbunnsfaunaen** på stasjonene i nærområdet til Aluscan (0.5-1 km<sup>2</sup>) var fattig og forurensningspreget. Det kan skyldes oksygenmangel, som kan føre til kraftig utarming av faunaen. De høye konsentrasjonene av forurensningskomponenter, særlig kobber, kan også påvirke faunaen. Den fysiske beskaffenheten av sedimentet, med kompakt sammenkittet overflate av aluminiumholdige partikler, er et ugunstig levested for mange arter. På stasjonene lenger unna, på de større dyp i fjordbassenget, var faunaen normal.

**Fjordsedimentene.** Utslippene har forårsaket en økning i konsentrasjonene av aluminium, kobber, sink og krom. Forurensningen var sterkest i nærområdet til Aluscan, men også ute i fjordens dypbasseng var det en økning av sink og særlig kobber. Også tidligere (før 1989), var det en markert kobberforurensning av fjordbunnen utenfor Rausand gruver. Den er nå forverret, og representerer tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset) i nærområdet (0.5-1 km<sup>2</sup>), og tilstandsklasse III-IV (markert til sterkt forurenset) på bunnen av det tilgrensende fjordbassenget (areal ca. 6-10 km<sup>2</sup>). De orienterende analysene av PCB i sedimentene viste tilstandsklasse IV på stasjonene nærmest Aluscan og tilstandsklasse III i fjordbassenget 1.5 km unna.

**Hardbunnsfauna.** Aluminiumoksyd og stor partikkelforurensning fra land har medført dårlige substratforhold for fastsittende alger og dyr på stasjonene i nærområdet til Aluscan. Utslippene av ammoniakk kan også ha påvirket hardbunnsorganismene. Nærområdet ved Aluscan er tydelig næringssaltbelastet, noe som trolig skyldes utslipp av ammoniakk og fosfin. Store forekomster av grønnalger indikerer dette. Effektene var begrenset til selve industriområdet, dvs. innen 500 m avstand fra Aluscan. Et brudd på utslippsledningen kan ha ført til at dyputslippet ikke har fungert tilfredsstillende til å redusere eutrofikvirkninger. Næringssalter kan ha vært tilgjengelig for alger helt opp i fjæra i perioder med svak lagdeling av vannmassene.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Bløtbunnsfauna	1. Soft-bottom fauna
2. Sedimenter	2. Sediments
3. Hardbunnsfauna	3. Hard-bottom communities
4. Industrieforurensning	4. Industrial pollution

*Brage Rygg (sign.)*

Prosjektleder

*Kari Nygaard (sign.)*

Forskningsleder

*Jens Skei (sign.)*

Forskningsdirektør

ISBN 82-577-4398-4

**Kartlegging av miljøtilstand i fjordområdet ved  
Rausand i Sunndalsfjorden i 2003**

Undersøkelser utført for Aluvest AS

## Forord

Statens forurensingstilsyn (SFT) ga i brev av 21.01.2003 Aluscan AS tillatelse til deponering av saltslagg og filterstøv i gruvedeponiet ”Bergmesteren” på Rausand. Etter at det ble klart at gruva på Rausand ikke kunne ta imot mer faststoff fra produksjonen ved Aluscan AS, søkte bedriften om tillatelse til utslipp direkte til sjøen. Utslippstillatelsen ble ikke innvilget. Istedet er det gitt tillatelse til fortsatt produksjon med lagring av faststoffet i egnet deponi på land. Et av vilkårene for deponeringen var at det ble gjennomført en resipientundersøkelse i Sunndalsfjorden ved Rausand. Et programforslag utarbeidet av NIVA ble oversendt Aluvest AS 17.02.2003.

Feltarbeidet ble gjennomført 23.-25. april 2003 (bløtbunnsfauna og sedimenter) og 23.-27. juni 2003 (hardbunnsamfunn, ROV-befaring). Bløtbunnstoktet ble utført av Jarle Håvardstun og Lise Tveiten (NIVA) ved hjelp av lokal båt og assistanse av Svein Rausand og Jan Berg. Hardbunnstoktet ble utført av Are Pedersen (NIVA) ved hjelp av lokal båt og assistanse av Helge Storholt og Erling Bersås. Foruten forfatterne har Norman Green og Morten Schaanning bidratt i rapportutarbeidelsen. Pirkko Rygg har artsbestemt børstemark i bløtbunnsprøvene. Kvalitetssikrere har vært Mats Walday og Frode Olsgard

Oslo, 13. oktober 2003

*Brage Rygg*

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
1.1 Hovedmålsetting	10
1.2 Tidligere undersøkelser av utslippet	10
1.3 Tidligere undersøkelser i sjøen	10
<b>2. Bløtbunnsfauna</b>	<b>14</b>
2.1 Målsetting	14
2.2 Gjennomføring	14
2.3 Resultater	14
2.4 Konklusjon	16
<b>3. Sedimenter</b>	<b>19</b>
3.1 Målsetting	19
3.2 Gjennomføring	19
3.3 Analyser	20
3.4 Resultater	21
3.4.1 Influensområde	22
3.4.2 Vertikalprofil	23
3.5 Konklusjon	24
<b>4. Hardbunnsfauna og alger</b>	<b>30</b>
4.1 Målsetting	30
4.2 Bakgrunn	30
4.3 Praktisk gjennomføring	30
4.4 Resultater	32
4.4.1 ROV-undersøkelsene	32
4.4.2 Fjæreundersøkelsene	36
4.5 Konklusjon	39
<b>5. Referanser</b>	<b>41</b>
<b>Vedlegg A. De vanligste bløtbunnsfaunaartene på hver stasjon i 1986, 1988 og 2003.</b>	<b>43</b>
<b>Vedlegg B. Bløtbunnsfauna - arter og deres individtall i grabbprøvene fra hver stasjon i 2003</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg C. Stasjonsbeskrivelser – bløtbunnsfauna og sedimenter - Sunndalsfjorden 23.-25.4. 2003.</b>	<b>52</b>
<b>Vedlegg D. Observasjoner i de forskjellige dypintervall (dypere enn 2 m) fra videofilming i juni 2003. Arter i</b>	

<b>uthevet skrift var vanligst på respektive dyp (se artskodeforklaring, Vedlegg E)</b>	<b>54</b>
<b>Vedlegg E. Liste over arter som ble funnet i 2003 samt arter fra fjæreundersøkelsene i 1993 som er inkludert i de statistiske beregningene.</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg F. Gruppering av arter før statistiske analyser.</b>	<b>56</b>
<b>Vedlegg G. Relativ forekomst av alle alger og dyr i fjæresonen i 0-3 m dyp i 1993 og 2003. Arter er sammenslått i overordnede grupper (Vedlegg E)</b>	<b>56</b>

## Sammendrag

Statens forurensingstilsyn har gitt Aluscan AS tillatelse til deponering av saltslagg og filterstøv i gruvedeponiet "Bergmesteren" på Rausand. Et av vilkårene for deponeringen var at det ble gjort en resipientundersøkelse i Sunndalsfjorden ved Rausand. NIVA planla og utførte et slikt prosjekt i 2003

Målsettingen med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden på bløtbunn og hardbunn i fjordområdet ved Rausand, og fastslå et mulig influensområde for utslippene fra Aluscan. For å tilfredstille denne målsettingen ble det planlagt og gjennomført et prosjekt som omfatter tre faglig forskjellige delprosjekter.

1. Bløtbunnsfauna
2. Kjemiske forhold i sedimentene (innhold av aluminium, kobber, sink, bly, kadmium, jern og nikkel, PCB, organisk karbon og nitrogen)
3. Hardbunnsfauna og alger

Feltarbeidet ble gjennomført i april (bløtbunnsfauna og sedimenter) og juni 2003 (hardbunnsfunn, befarings med fjernstyrt ubåt - ROV).

### *Bløtbunnsfauna*

Bløtbunnsfaunaen på stasjonene i nærområdet til Aluscan (0.5-1 km<sup>2</sup>) var fattig og forurensningspreget. Det kan være flere årsaker til dette. Lukt av hydrogensulfid og mørkegrått sediment tyder på oksygenmangel, som kan føre til kraftig utarming av faunaen. Høye konsentrasjoner av forurensningskomponenter i sedimentet, særlig kobber, kan også påvirke faunaen. Dessuten er det grunn til å anta at den fysiske beskaffenheten av sedimentet, med kompakt sammenkittet overflate av aluminiumholdige partikler, er et ugunstig levested for mange arter.

På stasjonene lenger unna (utenom nærområdet), på de større dyp i fjordbassenget, var faunaen normal.

### *Sedimenter*

Etter at utslippene fra Rausand gruver opphørte i 1983, har metallkonsentrasjonene i overflatesedimentene (0-2 cm) endret seg. Dette skyldes ny sedimentering av partikler av naturlig opphav, men også nye forurensende utslipp til fjordområdet utenfor Rausand. Typiske komponenter i de tidligere utslippene fra gruvene, som jern og vanadium, opptrer nå i lavere konsentrasjoner, mens utslipp fra ny virksomhet har forårsaket en økning i konsentrasjonene av aluminium, kobber, sink og krom. Forurensningen er sterkest i nærområdet til Aluscan, men også ute i fjordens dybbasseng har det skjedd en økning av konsentrasjonene av sink og særlig kobber.

Også tidligere (observasjoner fra 1986 og 1988), var det en markert kobberforurensning av fjordbunnen utenfor Rausand. Den er nå forverret, og representerer tilstandsklasse V (meget sterkt forurensset) i nærområdet til Aluscan (0.5-1 km<sup>2</sup>), og tilstandsklasse III-IV (markert til sterkt forurensset) på bunnen av det tilgrensende fjordbassenget (areal ca. 6-10 km<sup>2</sup>). De orienterende analysene av PCB i sedimentene viste tilstandsklasse IV på stasjonene nærmest Aluscan og tilstandsklasse III på stasjon RU1 i fjordbassenget 1.5 km unna. Kilden(e) til forurensningen med PCB er foreløpig ikke kjent.

### *Hardbunnssamfunn*

Tilførsler av aluminiumholdige partikler og andre partikler fra land har medført dårlige substratforhold for fastsittende alger og dyr på stasjonene i nærområdet til Aluscan.

I nærområdet ved Aluscan ble det observert få sjøpinnsvin, men en del sjøstjerner. Forekomsten var betydelig mindre enn på stasjonene lenger vekk fra Aluscan. Utslippene fra Aluscan omfatter bl.a. ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ), et stoff som svært mange organismer er ømfintlige for. Undersøkelsen kan ikke skille mellom virkninger av de forskjellige utslippskomponentene, men mest sannsynlig skyldes den fattige forekomsten av pigghuder en kombinasjon av ammoniakkutslipp og dårlig egnet substrat.

Store forekomster av grønnalger indikerer at nærområdet ved Aluscan er tydelig eutroft. Dette skyldes sannsynligvis utslipp av ammoniakk og fosfin ( $\text{PH}_3$ ). Grønnalger er eutrofiindikatorer og tåler høye konsentrasjoner av ammoniakk. Effektene var begrenset til selve industriområdet, dvs. innenfor 500 m avstand fra Aluscan.

Det ble observert et brudd på utslippsledningen på 21 m dyp. Bruddet kan ha ført til at dyputslippet ikke har oppnådd de ønskete resultater for innlagringen av ferskvannsutslippet under den eufotiske sonen. Næringssalter kan derfor fremdeles ha vært tilgjengelig for alger helt opp i fjæra i perioder med svak lagdeling i vannmassene.



## Summary

Title: Studies on the environmental status of the fjord area near Rausand, Sunndalsfjorden, in 2003. Investigations carried out for Aluvest AS.

Year: 2003

Authors: Rygg B., Pedersen A., Uriansrud F.

Source: Norwegian Institute for Water Research, 4727-2003, ISBN No.: ISBN 82-577-4398-4

The State Pollution Control Authority (SFT) has given Aluscan AS permission to deposit aluminum salt tailings and filter dust in the deposit of "Bergmesteren" at Rausand. One of the conditions for the deposition was that investigations should be carried out in the recipient Sunndalsfjorden outside Rausand. NIVA planned and carried out such a project in 2003.

The aim of the investigation was to describe the environmental status on soft- and hard-bottom communities in the fjord area near Rausand, and to define the possible area of influence caused by discharges from Aluscan. To fulfill this aim, an investigation comprising three substudies was planned and carried out.

1. Soft-bottom fauna
2. Chemical characteristics of the sediments (aluminum, copper, zink, lead, cadmium, iron and nickel, PCB, organic carbon and nitrogen)
3. Hard-bottom fauna and algae

The field work was carried out in April (soft-bottom fauna and sediments) and June 2003 (hard-bottom communities, by a remotely operated vehicle - ROV).

### *Soft-bottom fauna*

The soft-bottom fauna at the stations in the vicinity of Aluscan (0.5-1 km<sup>2</sup>) was scarce and indicated pollution effects. There could be several possible reasons for the poor fauna in the near zone. Smell of hydrogen sulfide and dark grey sediments indicated lack of oxygen, which may cause a severe deterioration of the fauna. High concentrations of pollutants, especially copper, can also affect the fauna. In addition, it is reasonable to assume that the physical state of the sediment, with the compacted sediment surface of aluminium rich particles, is unsuitable for many species.

At the stations beyond the near zone, at larger depths in the fjord basin, the fauna was normal.

### *Sediments*

After the discharges from Rausand gruver ceased in 1983, the concentrations of metals in the surface sediments (0-2 cm) have changed. The changes are caused by sedimentation of natural particles, but also by new pollution discharges to the fjord area. Typical components in the earlier discharges from the mines, such as iron and vanadium, now occur in lower concentrations, whereas discharges from the new industry have caused an increase in the concentrations of aluminum, copper, zink and chrome. The pollution is strongest in the vicinity to Aluscan, but even in the deep basin of the fjord, the concentrations of zink and especially copper have increased.

Observations from 1986 and 1988 showed a marked copper contamination of the bottom of the fjord outside Rausand. The contamination has increased, and represents class V (very strongly polluted) in the vicinity of Aluscan (0.5-1 km<sup>2</sup>), and class III-IV (markedly to

strongly polluted) on the bottom of the adjacent fjord basin (area 6-10 km<sup>2</sup>). Preliminary analyses of PCB in the sediments revealed class IV at the stations closest to Aluscan and class III at station RU1 in the fjord basin 1.5 km away. The source(s) of the PCB pollution is presently unknown.

*Hard-bottom communities*

The discharges of aluminum-rich particles and other particles from land have caused poor substrate conditions for sessile algae and animals at the stations close to Aluscan.

In the near zone sea urchins were very scarce, but some sea stars were observed. The occurrence was considerably lower than at stations farther away from Aluscan. The discharges from Aluscan contain i.a. ammonia (NH<sub>3</sub>), a component which many organisms are sensitive to. The study does not distinguish between effects of the different components in the discharges, but most likely the poor occurrence of echinoderms reflects a combination of ammonium discharges and an unsuitable substratum.

The area close to Aluscan is evidently eutrophic, indicated by the dense occurrences of green algae, which is very likely a result of the discharges of ammonia and phosphine (PH<sub>3</sub>). Green algae are indicators of eutrophication and they tolerate high concentrations of ammonia. The effects were limited to the industrial area, that is, stations within 500 m distance from Aluscan.

A rupture of the discharge pipe was observed at 21 m depth. The rupture may have prevented the deep discharge from achieving the intended goal of deep-water intermixing of the effluent. Nutrients thus may have been available for the shallower water and the littoral algae during periods of weak water stratification.

# 1. Innledning

## 1.1 Hovedmålsetting

Målsettingen med undersøkelsen i 2003 var å beskrive miljøtilstanden på bløtbunn og hardbunn i fjordområdet ved Rausand, og fastslå et mulig influensområde for utslippene fra Aluscan.

For å tilfredstille denne målsettingen ble det planlagt og gjennomført et prosjekt som omfatter tre faglig forskjellige delprosjekter.

Etter forslag fra NIVA og tilrådning fra SFT skulle undersøkelsen omfatte:

1. Bløtbunnsfauna
2. Kjemiske forhold i sedimentene (innhold av aluminium, kobber, sink, bly, kadmium, jern og nikkel, organisk karbon og nitrogen)
3. Hardbunnsfauna og alger

SFT anførte at ”tidligere målestasjoner kan benyttes, men det må også tas hensyn til at influensområdet for utslippet er større enn tidligere antatt. Det er ønskelig med stasjoner over en gradient fra land utover dypereliggende områder som viser spredningen av forurensningen og virkningene av denne.”

## 1.2 Tidligere undersøkelser av utslippet

Gruvevirksomheten i området stanset i 1983. Produksjonsprosessen ved Aluscan og utslipp til luft og vann startet i 1989. Det er beskrevet av Iversen & al. (1993). Avløpsvannet hadde bl.a. høy pH (9-10), høye konsentrasjoner av aluminium og ammonium, og i tillegg noe innhold av ustabile toksiske forbindelser som hydrogensulfid ( $H_2S$ ) og fosfin ( $PH_3$ ), som begge vil ha kort levetid i oksygenrikt sjøvann. Iversen & al. (1993) rapporterte også toksisitetstester av avløpsvannet fra Aluscan. Det ble observert effekter ned til ca 100x fortynning av avløpsvannet. Innholdet av ammonium (maksimumskonsentrasjon) tilsa teoretisk krav om 1000x fortynning. På grunnlag av modellberegninger (Pedersen & Golmen, 1993) for spredning og fortynning av avløpsvannet fra utslippspunktet, som dengang var på 15 m dyp, ble influensområdet for akutte effekter beregnet til ca 350 m langs land til begge sider for utslippet.

På grunnlag av døgnkontinuerlige målinger i perioden 18.08.2000 til 12.11.2001 beregnet Iversen (2001) et årlig utslipp på 1,3 millioner  $m^3$  prosessavløpsvann med et totalt innhold av 365 tonn ammonium, 56 tonn aluminium, 16 tonn totalfluorid og 0,87 tonn totalfosfor for år 2000 og et lignende utslipp for 2001 (Iversen & Schaanning, 2002). Beregninger av metallinnholdet i faststoffet viste at en slik omlegging ville medføre betydelige utslipp til sjø av bl.a. kobber, sink, bly og nikkel (Iversen & Schaanning, 2002; Schaanning, 2002).

## 1.3 Tidligere undersøkelser i sjøen

I oktober 1993 gjennomførte NIVA en dykkerbasert undersøkelse rundt utslippet (Pedersen & Golmen, 1993). Det ble funnet skadevirkninger på biologiske samfunn på hardbunn inntil 10 m fra utslippet. I fjæresonen var det tegn på eutrofiering (grønnalger). Artsmangfoldet økte med avstanden ut til 50-100 m fra utslippet. Noe av virkningene ble tilskrevet gamle utslipp

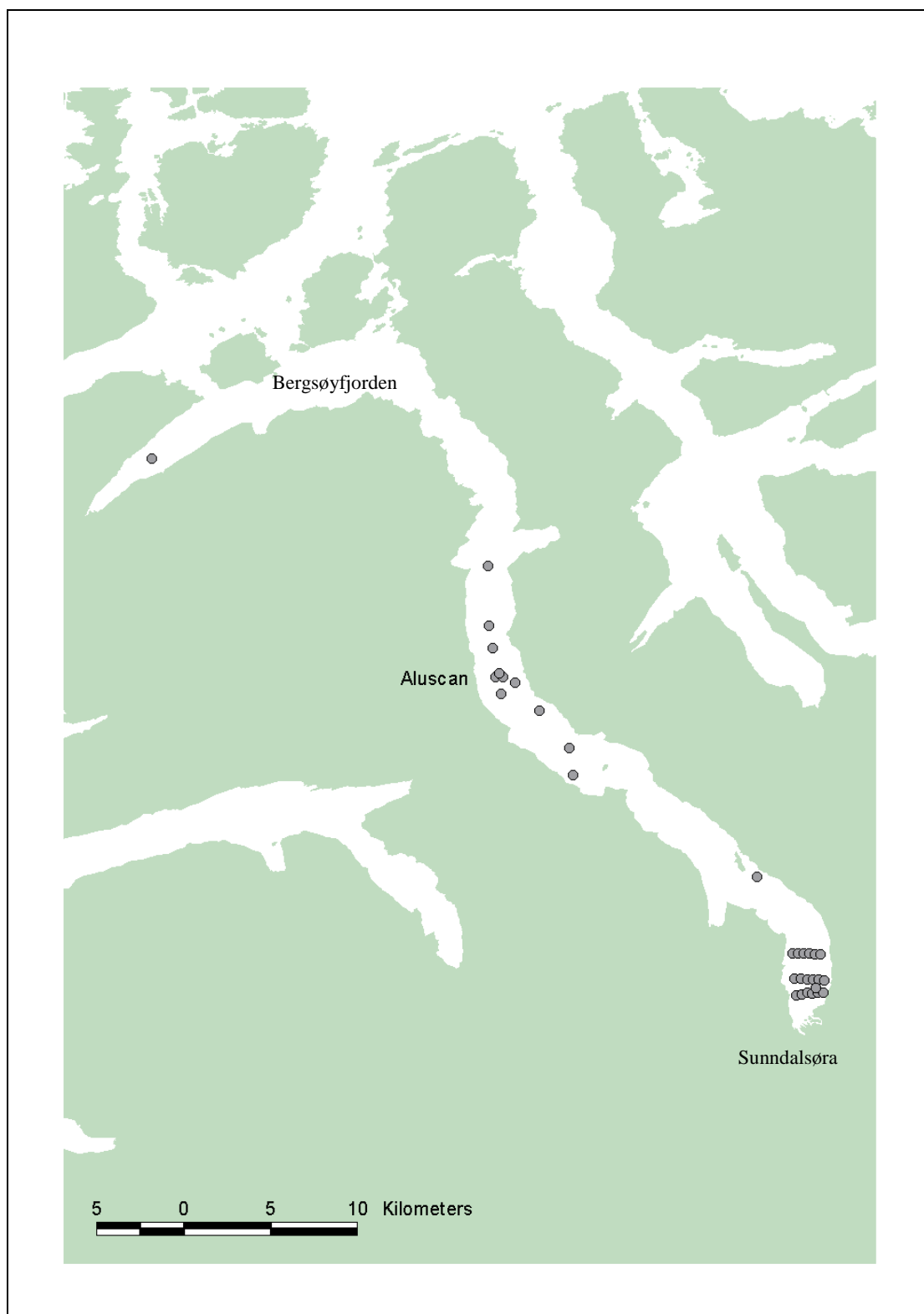
fra gruvevirksomheten på Rausand. Det ble anbefalt å overvåke utslippsområdet med jevne mellomrom, både for å bedømme langtidsvirkninger, og å evt. kunne spore avtagende virkninger av gammelt avfall fra gruvedrift.

Undersøkelser av bløtbunnsfauna og sedimenter er tidligere gjort i 1978-79 (Holthe & Stokland, 1980), i 1986 (Næs & Rygg, 1988), 1988 (Rygg & Næs, 1989), og i 1995 (Oug & al., 1998). Sedimentene i nærområdet til utslippet fra Sunndal verk innerst i fjorden var forurensset med PAH i konsentrasjoner opptil 2500 ganger det normale. Utover i fjorden avtok konsentrasjonene raskt til 25 ganger det normale, og i Bergsøyfjorden var konsentrasjonen 10 ganger normalnivået (Næs & Rygg 1988).

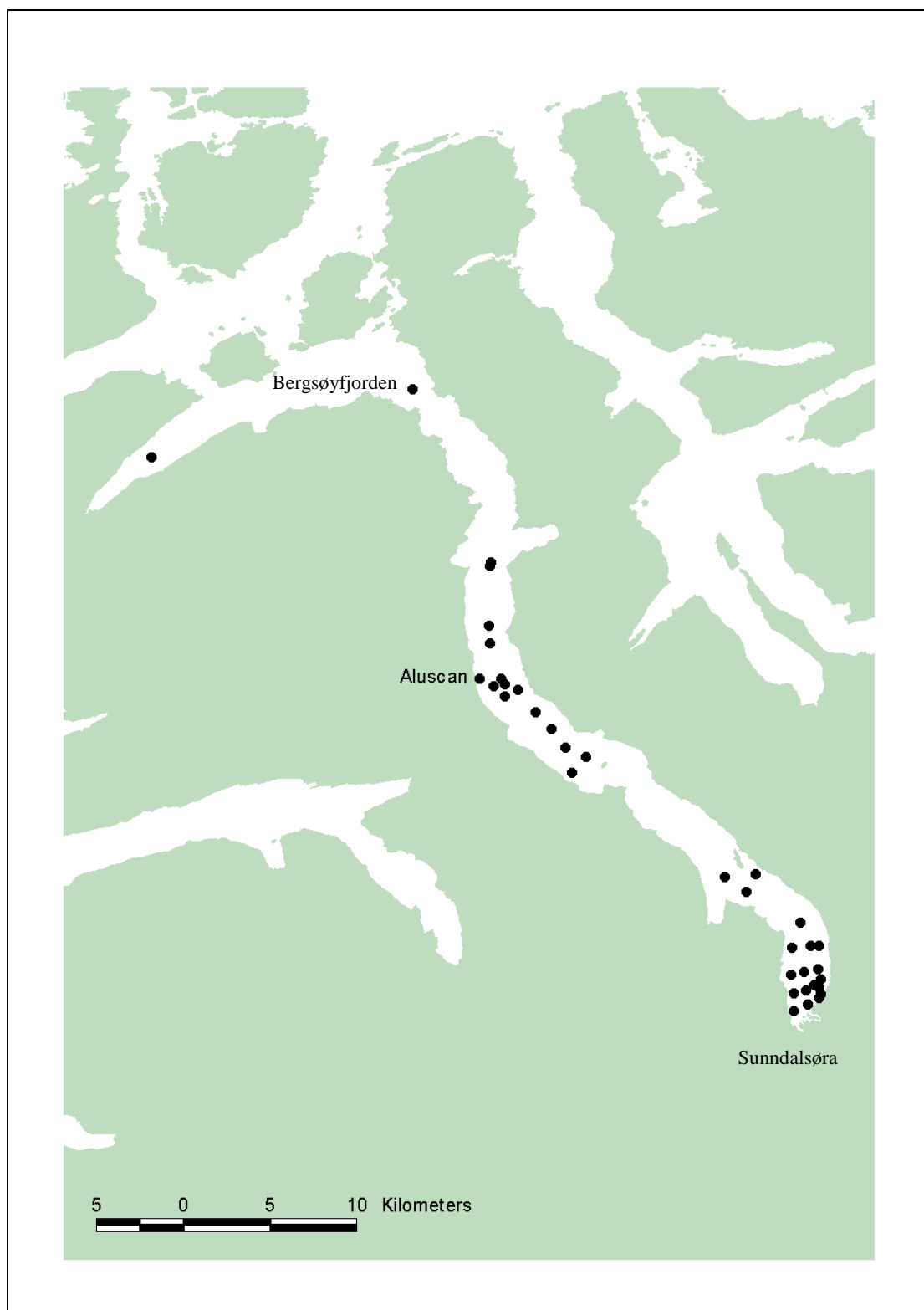
Sedimentene i midtre del av Sunndalsfjorden er forurensset med gruveavgang. Utslippene opphørte i 1983, men et ca 4 km<sup>2</sup> stort område ved Rausand var fortsatt påvirket i 1988. Her var kobber-, vanadium- og jernkonsentrasjonene henholdsvis 10, 6 og 3 ganger høyere enn normalt. I dette mest forurensete fjordpartiet var bløtbunnsfaunaen forskjellig fra faunaen lenger bort fra Rausand. Artsmangfoldet var lavere og forurensningstolerante børstemark dominerte. To muslingarter, som var vanlige ellers i fjorden, manglet. Deres fravær skyldes høyst sannsynlig virkninger av de høye kobberkonsentrasjonene. Faunaen i det avgangspåvirkete området klassifiseres som moderat påvirket (Rygg & Næs 1989). **Figur 1** og **Figur 2** viser stasjonene for de tidligere undersøkelsene.

Hydrofysiske undersøkelser i Sunndalsfjorden er tidligere rapportert av bl.a. Nilsen & Bjørdal (1979) og Molvær (1990). Det ble ikke gjort nye hydrofysiske undersøkelser i 2003, men data fra tidligere rapporter er brukt ved vurdering av resultatene.

Statlig program for forurensingsovervåking har flere faste stasjoner i Sunndalsfjorden for overvåking av PAH i blåskjell (Knutzen, 1989; Næs & al., 2001; Green & al., 2002). De fleste stasjonene ligger nærmere Sunndalsøra, men en av dem (st. I912) ligger ved Honnhammer tvers over fjorden mot nordøst i forhold til Aluscan. I perioden 1996-2001 ble det målt økende konsentrasjoner av PAH på denne stasjonen (Green pers.medd.).



**Figur 1.** Tidligere stasjoner for bløtbunnsfaunaundersøkelser i Sunndalsfjorden.



**Figur 2.** Tidligere stasjoner for sedimentundersøkelser i Sunndalsfjorden.

## 2. Bløtbunnsfauna

### 2.1 Målsetting

Faunatilstanden gir indikasjoner på om det har vært skadevirkninger direkte fra komponenter i forurensningstilførslene eller indirekte fra økt eutrofiering og sedimentasjon av organisk materiale. Ved å sammenligne med tidligere undersøkelser vil en også få indikasjoner på endring over tid.

### 2.2 Gjennomføring

Ved de nye undersøkelsene ble enkelte av de tidligere stasjonene (**Figur 1**) valgt. Dette gir den beste muligheten for å påvise eventuelle endringer over tid. Det ble valgt 5 hovedstasjoner for nye undersøkelser (**Figur 3**, RU-stasjoner i 2003). På hver hovedstasjon ble det tatt fire grabbprøver. Foruten på hovedstasjonene ble det også tatt en grabbprøve på tre stasjoner i det umiddelbare nærområdet til Aluscan (AF-stasjoner, **Figur 3**). Faunaen i grabbprøvene ble identifisert til art, og individtall av hver art registrert. En mindre delprøve til kjemiske analyser ble tatt fra de øvre 2 cm av grabb-prøvene. Disse er analysert for kornstørrelse, totalt organisk karbon og nitrogen.

Undersøkelsen ble gjort for å beskrive dagens tilstand og påvise eventuelle endringer sammenlignet med tilstanden i 1986, 1988 og 1995. Undersøkelsene ble utført med samme metodikk som tidligere og følger norsk standard (NS 9423).

### 2.3 Resultater

**Tabell 1** og **Tabell 2** viser verdiene for enkelte faunaparametre beregnet pr. grabb og pr. stasjon i 2003. **Tabell 3** viser tilsvarende resultater fra undersøkelsene i 1986, 1988 og 1995. Individtallene til de vanligste artene er vist i **Vedlegg A**. Klassifisering av faunaens tilstand, basert på artsmangfold (H) og indikatorarter (ISI) er vist i **Figur 3** og **Figur 4**. Komplette lister over artene og deres individtall i prøvene er vist i **Vedlegg B**. Beskrivelser av prøvetakingen, sedimentene og grabbprøvene er gitt i **Vedlegg C**.

På stasjonene i nærområdet til Aluscan (AF-stasjonene) hadde sedimentet en gråsvart farge, ulikt den olivengrå fargen som er typisk for normalt, marint sediment. På AF02, AF06, AF07 og AF11 besto det øverste sedimentlaget av sandaktige, sammenkittede partikler. Under dette laget, som var noen mm tykt, fantes på AF06 og AF11 et gruslag, hvorav den øverste delen var sammenkittet med partikler av samme type som i det øverste, sandlignende, laget. Grabben hadde i liten grad trengt ned i sedimentet på grunn av den harde overflaten. Materialet i grabbprøvene besto av biter av en oppbrukt sedimentoverflate, et par cm tykke, med finkornet sammenkittet lag øverst. Sedimentet på AF07 og AF11 hadde en sterk hydrogensulfid-/kloakkaktig lukt. Partiklene hadde høyt aluminiuminnhold (se kapitlet om sedimenter).

Faunaen på AF-stasjonene var uvanlig individfattig og artsfattig (**Tabell 1**, **Tabell 2**, **Vedlegg A**) og blant dem som fantes der er bl.a. muslingen *Thyasira sarsi* og børstemarken *Ophiodromus flexuosus* typiske arter for forurensete lokaliteter. Tilstandsklassifiseringen viser stort sett klasse III (mindre god) til klasse IV (dårlig fauna) på stasjonene i nærsone i 2003 (**Tabell 2**, **Figur 3**, **Figur 4**). Det er ikke kjent hvordan faunatilstanden var i nærområdet til Rausand gruver før Aluscan ble etablert.

På stasjonene lenger unna, på de større dyp langs bunnen av fjordbassenget, var faunaen forholdsvis normal og viste god eller meget god tilstand i 2003. Det så ut til å ha skjedd en forbedring sammenlignet med tilstanden i 1986-1988 (**Tabell 3, Figur 3, Figur 4**).

**Tabell 1.** Faunaparametre pr. grabb i 2003. S=Antall arter; N=Antall individer;  $H_{log2}$ =Artsmangfold (Shannon-Wiener indeks);  $ES_{100}$ =Artsmangfold (Hurlbert indeks). ( $ES_{100}$  krever minimum 100 individer i prøven for å kunne beregnes, --- : for få individer til å beregne indeksen.)

Stasjon	Dyp	Grabb	S	N	$H_{log2}$	$ES_{100}$
AF02	110	G1	4	6	1.92	---
AF07	194	G1	10	23	2.58	---
AF11	300	G1	5	40	1.65	---
RU1	330	G1	16	121	3.14	15.08
RU1	330	G2	19	131	2.82	16.53
RU1	330	G3	19	194	2.76	14.53
RU1	330	G4	22	164	3.29	18.11
RU2	310	G1	34	196	3.70	23.45
RU2	330	G2	29	124	3.97	26.51
RU2	330	G3	44	232	4.56	31.48
RU2	330	G4	30	150	3.63	24.17
RU4	326	G1	15	71	3.01	---
RU4	326	G2	30	109	3.96	28.49
RU4	326	G3	20	124	2.86	17.80
RU4	326	G4	19	43	3.89	---
RU7	330	G1	23	184	2.95	16.95
RU7	331	G2	14	114	2.93	13.48
RU7	330	G3	21	222	2.88	14.78
RU7	330	G4	14	139	2.52	12.42
RU9	330	G1	21	314	2.88	13.49
RU9	330	G2	18	255	2.83	13.20
RU9	330	G3	20	182	3.05	15.50
RU9	330	G4	16	161	2.73	13.19



**Tabell 2.** Faunaparametre pr. stasjon i 2003. ISI = indikatorart-indeks. Tilstandsklassene er angitt med farge. (Forklaring, se **Tabell 1.**)

Stasjon	S	N	H <sub>log2</sub>	ES <sub>100</sub>	ISI
AF02	4	6	1.92	---	6.91
AF07	10	23	2.58	---	8.1
AF11	5	40	1.65	---	7.18
RU1	35	610	3.28	17.8	9.09
RU2	66	702	4.55	30.58	10.37
RU4	48	347	3.91	24.71	10.23
RU7	36	659	3.17	16.53	9.01
RU9	36	912	3.02	14.35	9.03

Tilstandsklasse

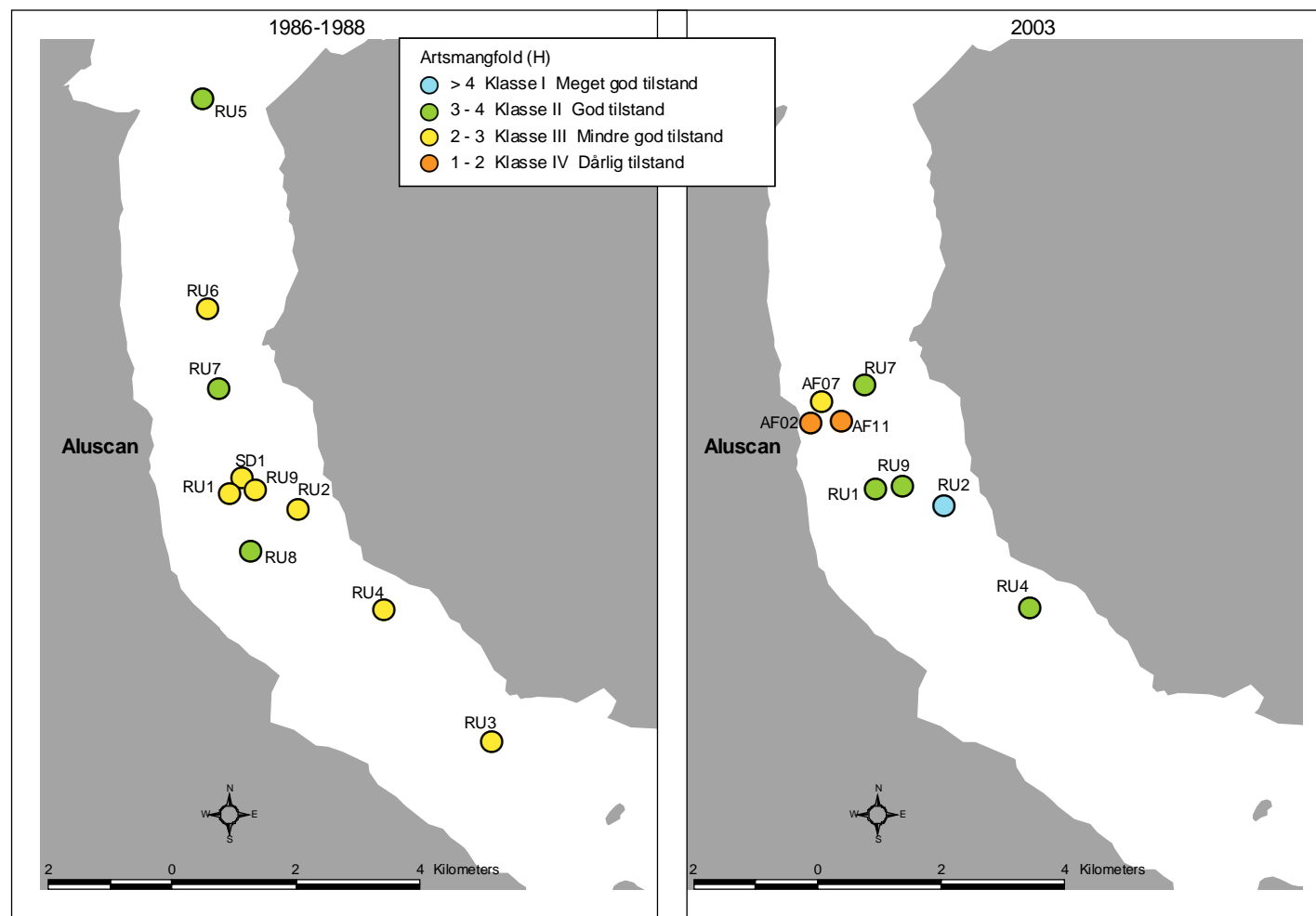
I	Meget god
II	God
III	Mindre god
IV	Dårlig
V	Meget dårlig

**Tabell 3.** Faunaparametre pr. stasjon 1986, 1988 og 1995. (Forklaring, se **Tabell 1.**) Tilstandsklassene er angitt med farge.

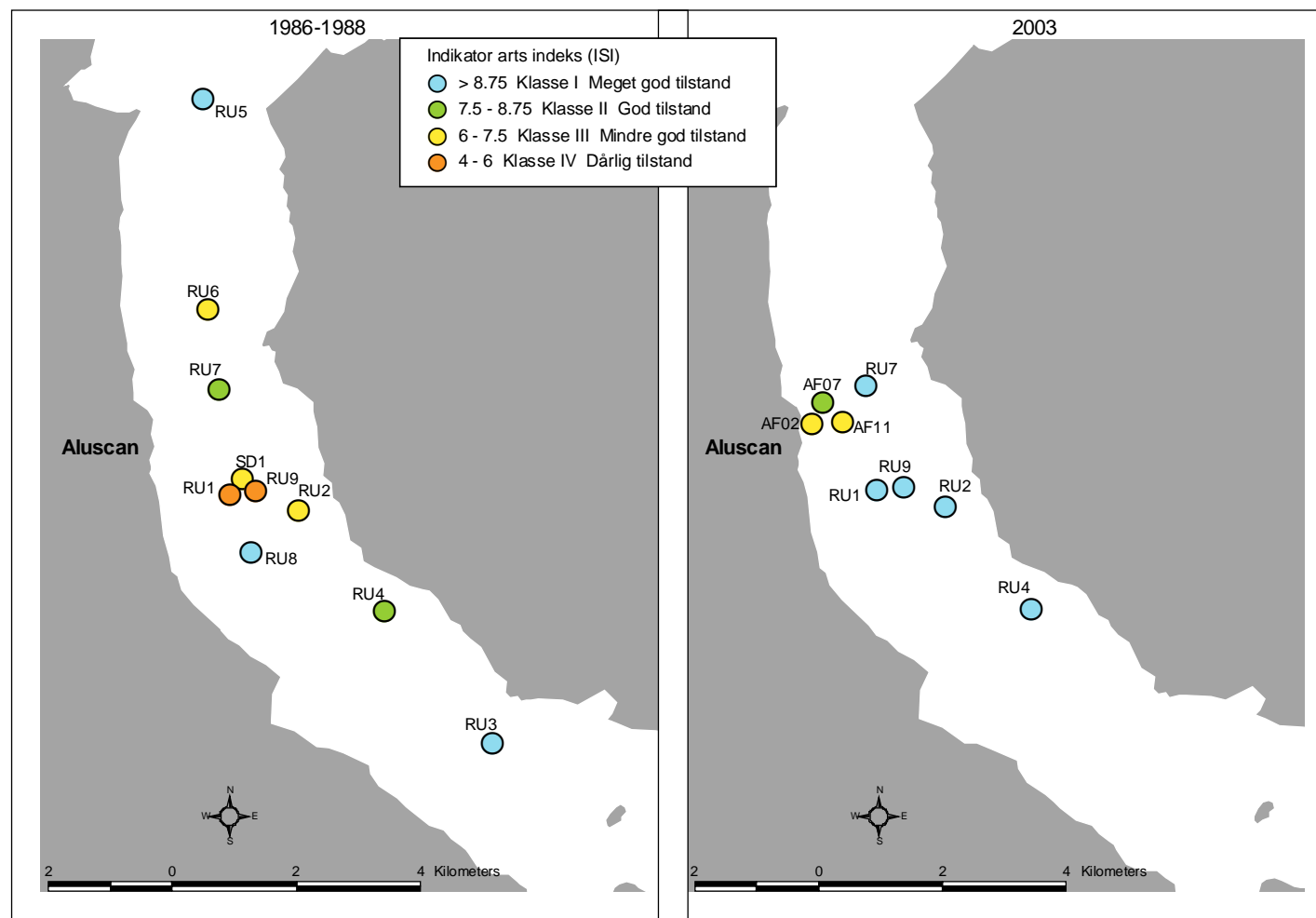
Stasjon	År	S	N	H <sub>log2</sub>	ES <sub>100</sub>	ISI
SU4	1995	115	1551	5.55	41.12	9.79
RU5	1988	15	63	3.29	---	10.13
RU6	1988	9	31	2.92	---	7.48
RU7	1988	17	95	3.3	---	7.92
SD1	1986	30	650	2.48	12.16	7.11
RU9	1988	10	88	2.11	---	5.04
RU1	1988	7	87	2.11	---	5.49
RU2	1988	7	42	2.34	---	7.46
RU8	1988	14	34	3.37	---	8.75
RU4	1988	11	49	2.96	---	8.13
RU3	1988	11	34	2.97	---	8.99

## 2.4 Konklusjon

Bløtbunnsfaunaen på stasjonene i nærområdet til Aluscan (0.5-1 km<sup>2</sup>) var fattig og forurensningspreget. På stasjonene lenger unna, på de større dyp i fjordbassenget, var faunaen tilnærmet normal. Det kan være flere årsaker til den fattige faunaen i nærområdet. Lukten av hydrogensulfid og det mørke grå sedimentet tyder på oksygenmangel, som kan føre til kraftig utarming av faunaen. Høye konsentrasjoner av forurensningskomponenter, særlig kobber (se kapitlet om sedimenter) kan også påvirke faunaen (Rygg 1985). Dessuten er det grunn til å anta at den fysiske beskaffenheten av sedimentet, med kompakt sammenkittet overflate av aluminiumholdige partikler, er et ugunstig levemiljø for mange arter.



**Figur 3.** Klassifisering av tilstand i bløtbunnsfaunasamfunn basert på arts mangfold (H), 1986-88 og 2003.



**Figur 4.** Klassifisering av tilstand i bløtbunnsfaunasamfunn basert på indikatorarter, 1986-88 og 2003.

## 3. Sedimenter

### 3.1 Målsetting

Målet med dette delprosjektet var å undersøke i hvilken grad sedimentene i Sunndalsfjorden er påvirket av utslippene fra Aluscan og eventuelt hvor langt vekk fra utslippspunktet ved Rausand påvirkningen kan spores. I tillegg representerer kartlegging av miljøgifter i sedimentene viktig bakgrunnsinformasjon for vurdering av eventuelle virkninger på bløtbunnsfaunaen.

### 3.2 Gjennomføring

Innsamlingen av sedimentprøvene ble gjort 23.-25. april 2003. Til innsamlingen ble det benyttet en van Veen grabb (0.1 m<sup>2</sup>) og en Niemistö corer. Coreren har rør med en diameter på 10 cm og kan ta opp til 1.5 m lange kjerner. Sedimentprøver for kjemiske analyser (metaller og PCB) ble samlet inn på samme stasjoner som bløtbunnsfauna. I tillegg ble det tatt prøver på 5 stasjoner i lengre avstand fra Rausand for å komplettere en gradient langs fjordens midtakse/dypeste parti fra Sunndalsøra til Bergsøyfjorden (**Figur 2, Figur 8**). På alle stasjonene ble topplaget (0-2 cm) av sedimentet analysert. I tillegg undersøktes vertikalfordelingen av miljøgifter i sedimentene på en av stasjonene (RU1) for vurdering av tidstrender. Dette ble gjort ved å snitte sedimentkjernen og analysere 1 og 2 cm tykke skiver ned til 9 cm dyp (eldre lag av sedimenter).



**Figur 5.** Grab fra stasjon AF7 med H<sub>2</sub>S lukt. Mørk farge som følge av sulfiddannelsen



**Figur 6.** Grabb fra stasjon RU2. Typisk marin leire uten H<sub>2</sub>S.

### 3.3 Analyser

Analysene ble foretatt ved NIVA-lab i henhold til Norsk standard (4770, 4773, 4780, 4781). Det ble valgt å analysere på metallene aluminium (Al), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), bly (Pb), vanadium (V), sink (Zn), lithium (Li) og nikkel (Ni) på alle stasjonene. Det ble gjort analyser av polyklorerte bifenyl (PCB) på noen utvalgte stasjoner (AF6, AF7, AF11, RU1, RU9 og SU32). Metallanalysene ble gjort ved ICP-AES (salpetersyreoppslutning), mens PCB ble bestemt ved GC-ECD. Sedimentene ble også undersøkt med hensyn på total organisk karbon (TOC), total nitrogen (TN) og kornfordeling (%andel < 63 µm), se **Tabell 4**, som også viser analysemetoder og deteksjonsgrenser.

**Tabell 4.** Oversikt over analysemetoder og deteksjonsgrenser

Analyser	Metode	Deteksjonsgrense
PCB <sub>7</sub>	GC-ECD	0,2-2 µg/kg tørrvekt
Pb	ICP-AES	1 µg/g
Cd	ICP-AES	0,2 µg/g
Zn	ICP-AES	1 µg/g
Cu	ICP-AES	0,4 µg/g
Cr	ICP-AES	0,3 µg/g
Ni	ICP-AES	0,4 µg/g
Al	ICP-AES	2 µg/g
Fe	ICP-AES	100 µg/g
V	ICP-AES	0,2 µg/g
TN	Forbrenning 1800° C	1 µg/mg C tørrstoff
TOC	Forbrenning 1800° C	1 µg/mg C tørrstoff
Kornfordeling	Sikting	< 63 µm

### 3.4 Resultater

Sedimentene hadde et innhold av finstoffpartikler <63 µm (silt og leire) på 75 % til 97 %. En bit konsolidert overflatesediment fra AF6 (ca 400 m fra Aluscan) avvek fra de andre, ved at den hadde mye lavere innhold av finstoff og total organisk karbon (**Tabell 5**). Den hadde derimot forhøyede verdier av Zn, Cr og Cu (**Tabell 6**), men lavere PCB-verdier enn de andre stasjonene i nærheten av Aluscan. Innholdet av vanadium i prøven (AF6) var lavt (**Figur 11**).

Visuelt var det tydelig forskjell på sedimentene som ble tatt nært Aluscan, hvor sedimentene var mørke og hadde en sterk H<sub>2</sub>S lukt (**Figur 5**), og de som ble tatt lenger vekk. Sedimentprøver tatt 1.5-2 km fra Aluscan viste ingen tegn til H<sub>2</sub>S (**Figur 6**).

**Tabell 5.** Tørrstoff, kornfordeling, total nitrogen og total organisk karbon i sedimentprøvene

Prøve	TTS g/kg	KORN<63µm % t.v.	TN/F µg/mg N TS	TOC/F µg/mg C TS
AF06	745	8	11.8	2.7
AF07	266	93	10.8	10.5
AF11	225	75	15.5	21.8
RU 7	340	80	<1.0	14.5
RU 1	275	89	<1.0	14.3
RU 9	440	90	<1.0	9.5
RU 2	342	87	<1.0	17.3
RU 6	411	91	<1.0	16.3
RU 4	312	90	<1.0	18.2
RU 5	368	85	2.4	19
RU 3	300	97	<1.0	17.9
SU 32	315	86	<1.0	32.7

En sammenligning av overflateprøvene tatt i 1988 og 2003 på stasjon RU1 og RU7, viser en flerdobling av mengden sink og særlig kobber i overflatesedimentene, men en halvering av vanadium og jern (**Tabell 7, Figur 7**).

Mengden aluminium (Al), bly (Pb), kobber (Cu), krom (Cr), sink (Zn), nikkel (Ni) og polyklorerte bifenyler (PCB) i overflatesedimentene økte jo nærmere Aluscan prøvene var tatt, mens mengden jern (Fe) og vanadium (V) avtok (**Figur 8-Figur 13**).

Sedimentene på stasjonene AF2, AF6, AF7 og AF11 i nærområdet viser meget sterk forurensning (tilstandsklasse V) for kobber (**Tabell 6**), mens elementene bly og kadmium viser markert forurensning (tilstandsklasse III) og PCB sterk forurensning (klasse IV).



**Tabell 6.** Metaller og PCB i overflatesedimentene i 2003. Stasjonene er sortert etter avstand fra Aluscan (AF2 nærmest, SU31 lengst vekk). ---: ikke analysert.

Lokalitet	Al (µg/g)	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Cu (µg/g)	Fe (µg/g)	Pb (µg/g)	V (µg/g)	Zn (µg/g)	Li (µg/g)	Ni (µg/g)	PCB (µg/kg t.v.)
AF 2	142000	2.4	226	1840	7900	228	75.6	666	64.2	127	---
AF 6	181000	1.6	309	2740	11700	237	68.5	1280	26.3	198	68.3
AF 7	136000	1.3	243	1730	8750	220	78.5	607	144	118	264.7
AF 11	120000	1.5	219	1540	15000	187	105	610	98.7	114	177.3
RU 7	69100	0.59	159	1220	37900	176	204	338	65.7	123	---
RU 1	45600	0.3	94	677	49100	68.6	240	227	62.4	106	28.8
RU 9	34800	0.2	60.5	460	53500	35	246	174	35.4	120	<3
RU 2	32700	0.2	89.1	215	47300	38.3	178	149	39.7	79.2	---
RU 6	35600	0.2	80	338	48600	43.7	206	166	38.9	86.7	---
RU 4	31700	<0.2	101	108	46700	33.6	147	136	43.1	71.4	---
RU 5	29700	<0.2	88.2	117	44400	38.8	155	146	38.8	70.1	---
RU 3	31100	<0.2	106	92.6	45100	33.4	144	133	42.8	69.6	---
SU 32	25600	<0.2	78.3	68.4	35400	45.2	122	117	35.5	51.5	<2
SU 31	29100	0.2	102	72.7	44200	26.9	150	132	43.4	68.1	---

#### Forurensningsgrad

I	Ubetydelig-lite forurenset
II	Moderat forurenset
III	Markert forurenset
IV	Sterkt forurenset
V	Meget sterkt forurenset

**Tabell 7.** Sammenligning av verdiene i 1988 og 2003 for kobber, sink, vanadium og jern på to stasjoner i fjordbassenget like utenfor Aluscan. (Stasjon RS1=RU1; RS7=RU7)

Stasjon	Dyp	År	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	V (µg/g)	Fe (%)
RS1	324	1988	375	130	675	9.92
RU1	330	2003	677	227	240	4.91
RS7	326	1988	372	134	280	6.45
RU7	330	2003	1220	338	204	3.79

### 3.4.1 Influensområde

For å vurdere influensområdet av utslippene fra Aluscan ble utbredelsen av Al, Fe, Pb, Zn, V og total nitrogen benyttet. Analyser gjort av utslippsvannet fra Aluscan (Iversen & Schaanning, 2002), viste forhøyede verdier av aluminium, ammonium, kobber, bly, jern, sink og nikkel. Analyseresultatene fra 2003 viser forhøyede konsentrasjoner av aluminium, bly og sink i sedimentene i et ca 1 km<sup>2</sup> stort område rundt Aluscan. Jern- og vanadiuminnholdet i overflatesedimentene var lavere i 2003 enn i 1988. Dette tyder på at utslippene av jern og vanadium er mindre ved dagens virksomhet enn ved den tidligere gruvedriften. Også vertikalprofilen fra RU1 (**Tabell 8** og **Figur 7**), viste at mengden jern og vanadium avtar oppover mot overflaten av sedimentene. Innholdet total nitrogen i overflatesedimentene viser høyeste verdier i et område på ca 1 km<sup>2</sup> rundt Aluscan. Ammonium betraktes som et av hovedelementene i utslippet til sjø, og er derfor trolig årsaken til det høye innholdet av nitrogen i sedimentene. Disse resultatene stemmer godt overens med tidligere beregninger av influensområdet (Iversen & al. 1993), der man på bakgrunn av konsentrasjoner i

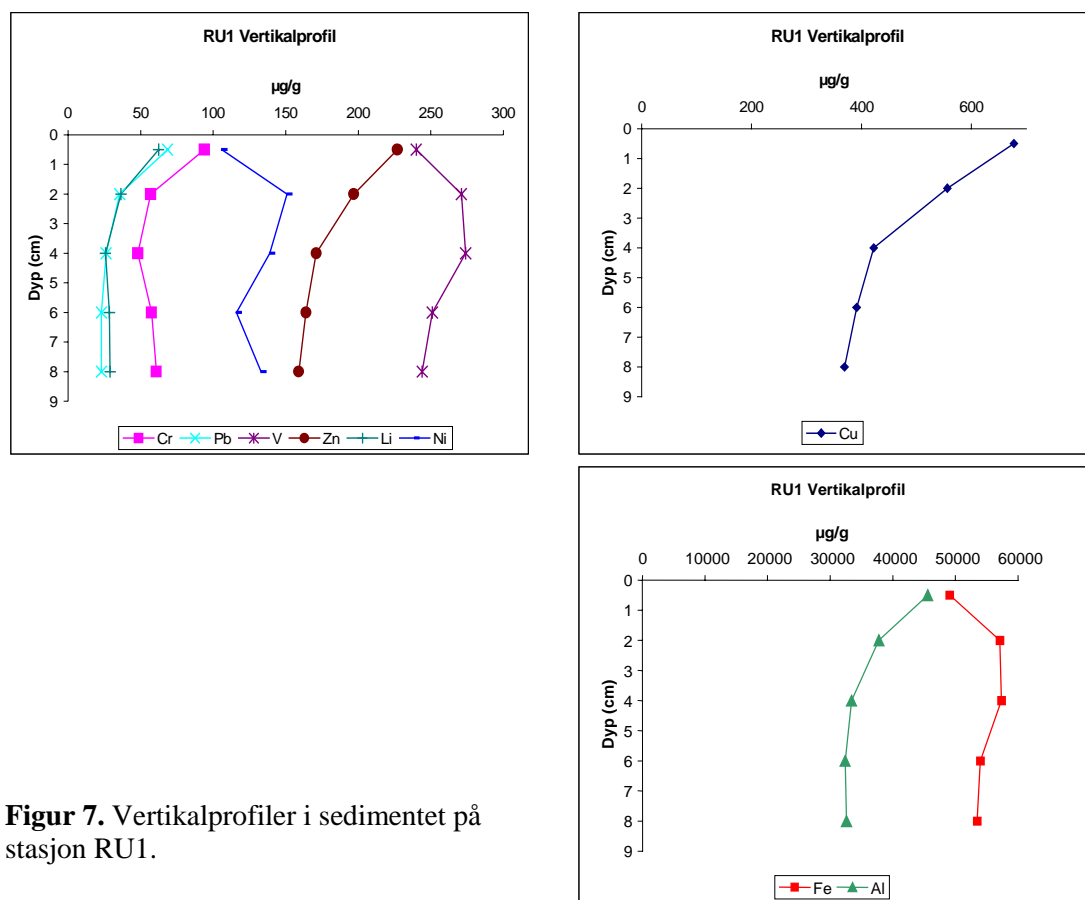
utslippsvannet og rådende strømforhold, kom til at influensområdet strekker seg 350 m til hver side for utslippet.

### 3.4.2 Vertikalprofil

På stasjon RU1 ble sedimentet analysert ned til 9 cm dyp i intervallene 0-1, 1-3, 3-5, 5-7, 7-9 cm. Kobberverdiene dypere enn 3 cm (**Figur 7** og **Tabell 8**) lå på samme nivå som ble observert i overflatesedimentene i 1988 (Ryg & Næs, 1989), mens dagens overflatesedimenter har en flerdobling av kobber i forhold til målingene i 1988 utenfor Rausand (**Tabell 7**). Kobberverdiene på stasjonene i nærområdet til Aluscan var svært høye (**Figur 12**). Også undersøkelsene i 1986 og 1988 viste høye verdier av kobber, forårsaket av de tidligere utslippene fra Rausand gruber. Det kan se ut som det har skjedd en endring i forholdene ved ca 4 cm sedimentdyp, ved at aluminium, kobber, sink og krom får en rask økning oppover i de yngre sedimentlagene, mens vanadium og jern flater ut/avtar. Det er sannsynlig at laget i 4 cm dyp representerer sedimentavsetningen på det tidspunktet da Aluscan startet sine utslipp.

**Tabell 8.** Vertikalsnitt av sedimenter fra stasjon RU1. (For tilstandsklasser, se **Tabell 6**.)

Dyp	Al µg/g	Cd µg/g	Cr µg/g	Cu µg/g	Fe µg/g	Pb µg/g	V µg/g	Zn µg/g	Li µg/g	Ni µg/g
0-1	45600	0.3	94	677	49100	68.6	240	227	62.4	106
1-3	37800	0.2	56.9	556	57100	35.6	271	197	36.5	151
3-5	33400	0.2	48.1	422	57400	26.3	274	171	25.8	139
5-7	32400	0.2	57.5	391	54000	23	251	164	28.5	116
7-9	32600	<0.2	60.8	369	53500	23	244	159	29	133



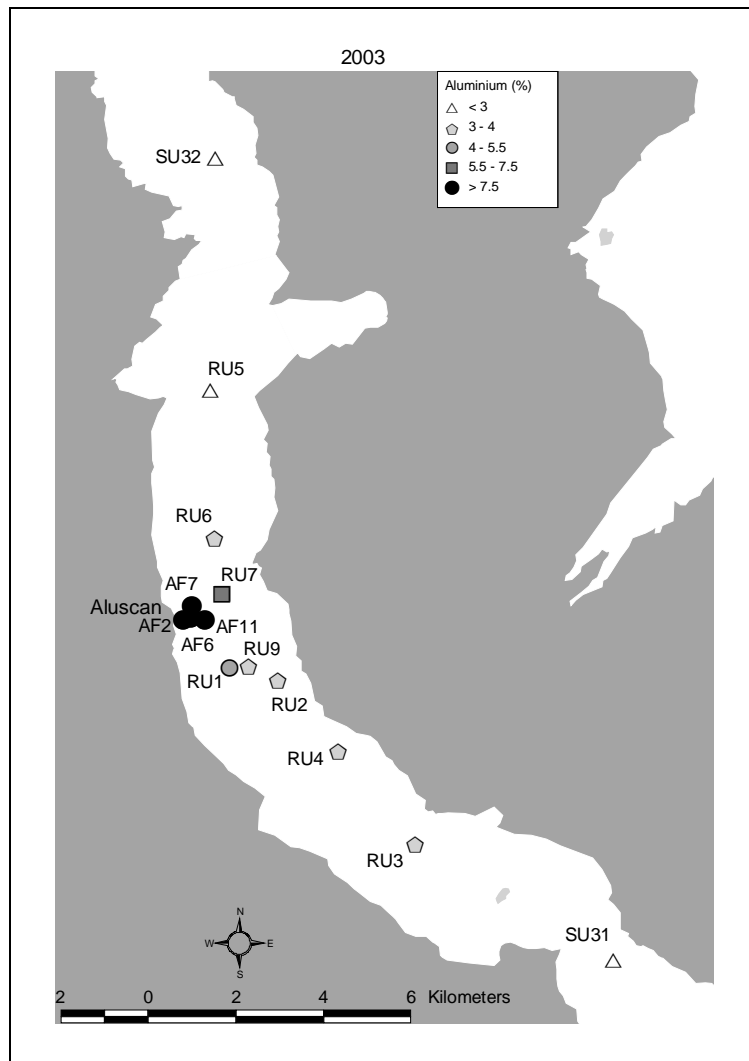
**Figur 7.** Vertikalprofiler i sedimentet på stasjon RU1.



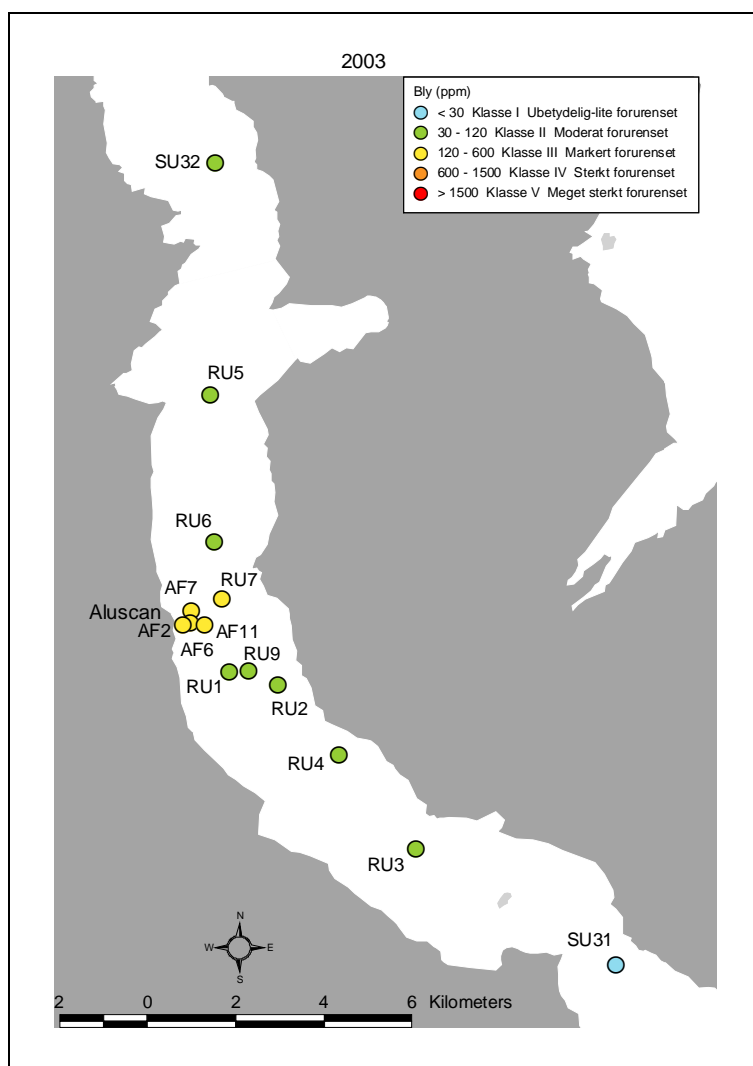
### 3.5 Konklusjon

Etter at utslippene fra Rausand gruver opphørte i 1983, har metallkonsentrasjonene i overflatesedimentene endret seg. Dette skyldes ny sedimentering av partikler av naturlig opphav, men også de nye utslippene fra Aluscan sin virksomhet, som ble etablert i 1989. Typiske komponenter i de tidligere utslippene fra gruvene, som jern og vanadium, opptrer nå i lavere konsentrasjoner, mens utslippene fra Aluscan sin virksomhet har forårsaket en økning i konsentrasjonene av aluminium, kobber, sink og krom. Forurensningen er sterkest i nærområdet til Aluscan, men også ute i fjordens dypbasseng har det skjedd en økning av sink og særlig kobber (**Tabell 7**).

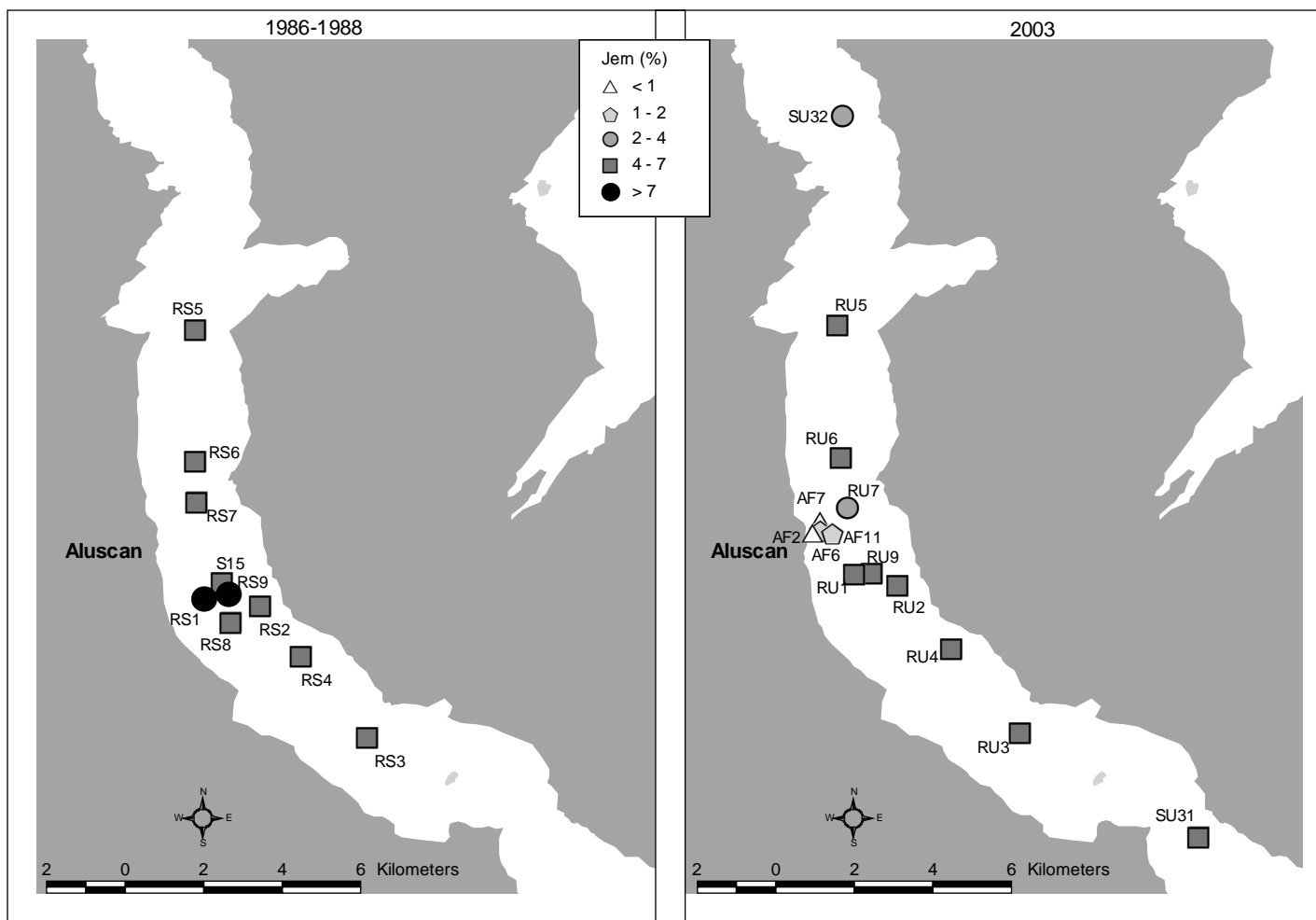
Også før Aluscan startet utslippene, var det en markert kobberforurensning av fjordbunnen utenfor Rausand gruver (Rygg & Næs 1989). Den har nå økt ytterligere, og representerer tilstandsklasse V (meget sterkt forurensset) i nærområdet (0.5-1 km<sup>2</sup>), og tilstandsklasse III-IV (markert til sterkt forurensset) på bunnen av det tilgrensende fjordbassenget (areal ca. 6-10 km<sup>2</sup>). De orienterende analysene av PCB i sedimentene (**Tabell 6**) viste tilstandsklasse IV på stasjonene nærmest Aluscan og tilstandsklasse III på stasjon RU1 i fjordbassenget 1.5 km unna. Kilden(e) til forurensningen med PCB er foreløpig ikke kjent.



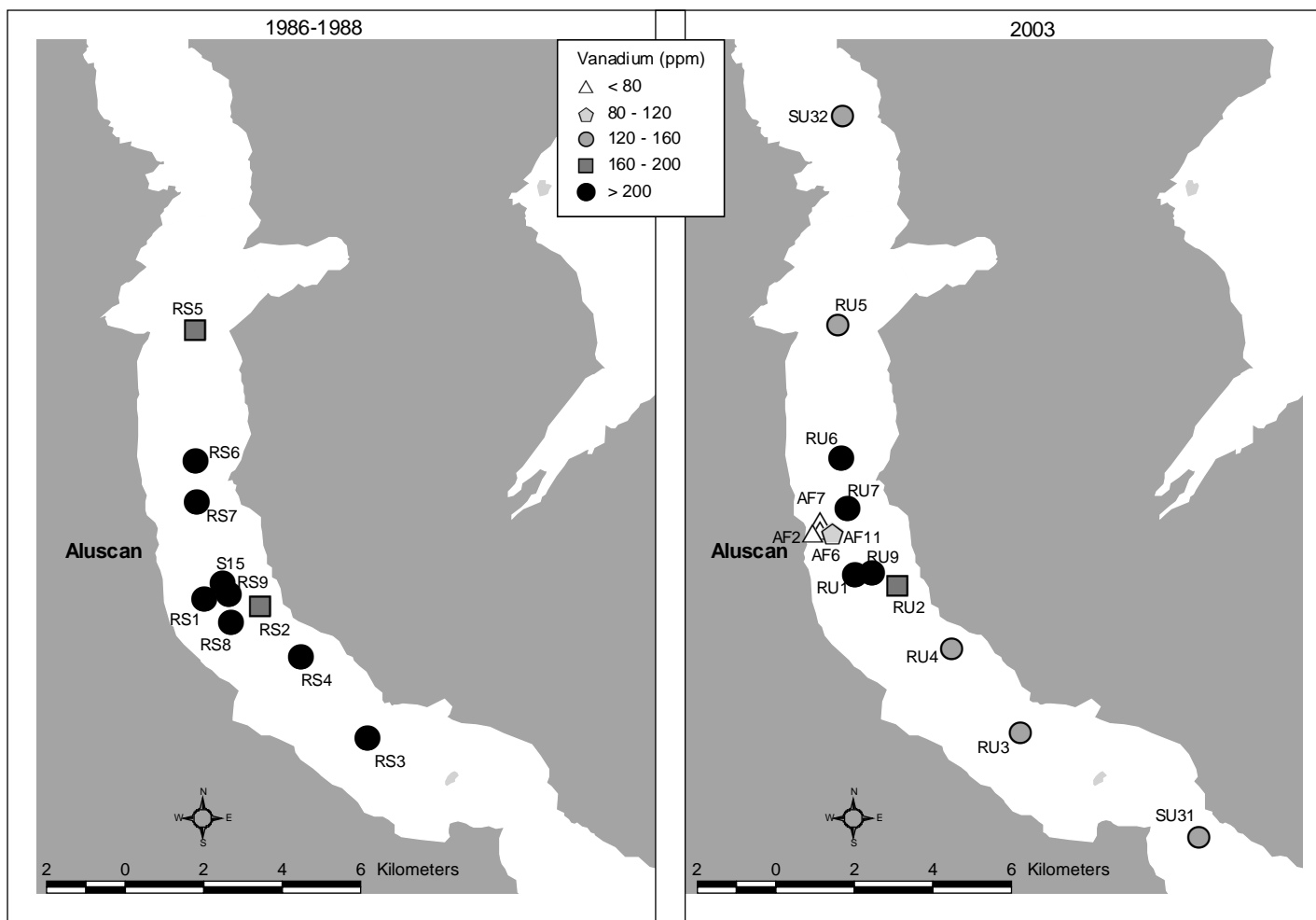
**Figur 8.** Konsentrasjoner av aluminium (Al) i sediment, 2003.



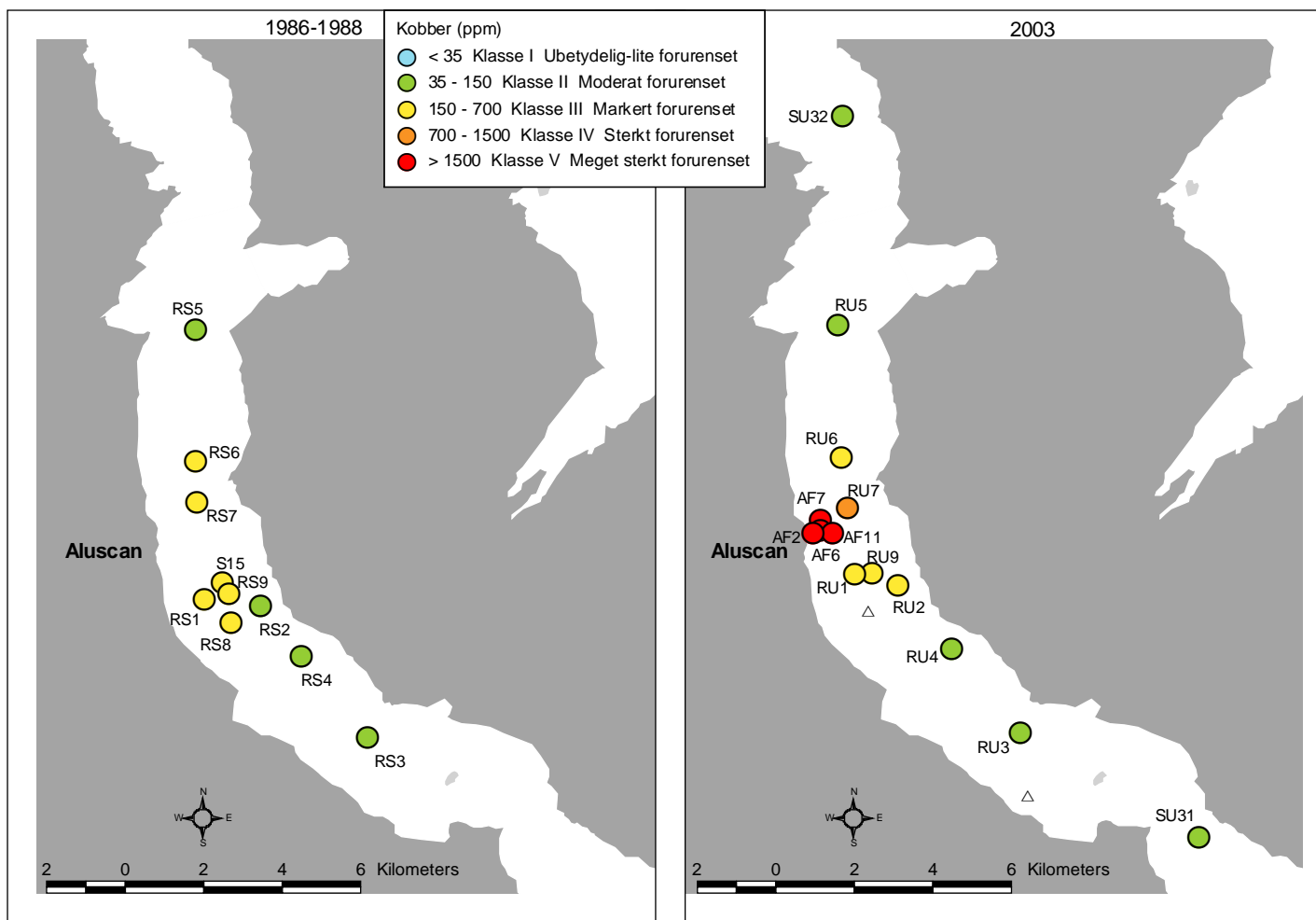
**Figur 9.** Klassifisering av forurensningsgrad for bly (Pb) i sediment, 2003.



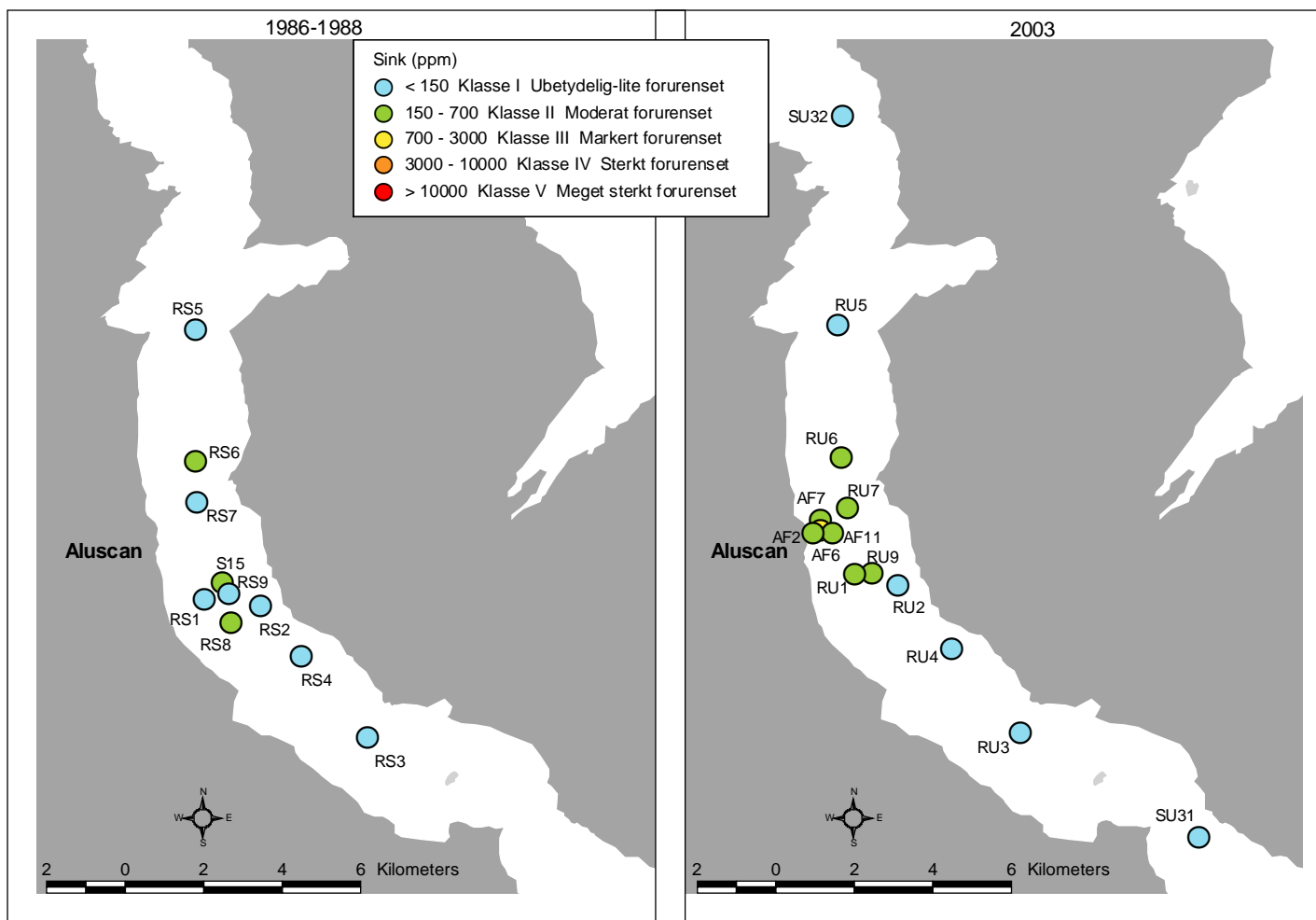
**Figur 10.** Konsentrasjoner av jern (Fe) i sediment, 1986-88 og 2003.



**Figur 11.** Konsentrasjoner av vanadium (V) i sediment, 1986-88 og 2003.



**Figur 12.** Klassifisering av forurensningsgrad for kobber (Cu) i sediment, 1986-88 og 2003.



**Figur 13.** Klassifisering av forurensningsgrad for sink (Zn) i sediment, 1986-88 og 2003.

## 4. Hardbunnsfauna og alger

### 4.1 Målsetting

Målet med denne delundersøkelsen var å gi en tilstandsbeskrivelse av de biologiske samfunn på grunt vann utenfor Raudsand Gruver og i nærliggende områder, samt å sammenligne undersøkelsen med den som ble foretatt i samme område i 1993 (Pedersen & Golmen, 1993). Dette ble gjort ved å avdekke omfanget av synlige virkninger på hardbunnsamfunn i fjæra fra utslippene ved Aluscan.

### 4.2 Bakgrunn

De biologiske samfunnene i resipienten vil over tid integrere en eventuell skadelig påvirkning, og kan derved brukes som indikator på forurensning. Dette gjelder i særlig grad for næringssaltbelastning. Men også naturlige forhold har betydning for samfunnsstrukturen og det er derfor viktig å inkludere referansestasjoner slik at avvik/variasjoner som skyldes endringer i den naturlige påvirkning enklere kan avdekkes. Resultatene brukes til en vurdering av miljøtilstanden i hardbunnsområdene utenfor Aluscan og Rausand gruver.

Tidligere er det påvist virkninger på flora og fauna i nærområdene til utslippene (Pedersen & Golmen 1993). Området var også preget av høy sedimentasjon og beiting fra kråkeboller. Den gang gikk avløpet ut på 15 m dyp, i en periode på 1 m på grunn av rørbrudd. Utslippsdypet har senere vært dykket ned til større dyp (30-50 m) og en kunne derfor forvente en endring i avløpets spredningsmønster og influensområde sammenlignet med tidligere.

### 4.3 Praktisk gjennomføring

I oktober 1993 ble det utført en dykkerundersøkelse for å vurdere de biologiske forholdene på bunnen i det antatte influensområdet til utslippene, samt på en lokalitet 7-8 km lengre inn i fjorden. Den innerste lokaliteten, stasjon 4, som ligger noen 100 m nord for Øraneset (**Figur 14**), ble da benyttet som en referansestasjon.

Dykkerundersøkelser gir et meget detaljert bilde av forholdene, men har sine begrensninger, som f.eks. maksimum dykkedyp på 30 m. Videofilming av transekter med en fjernstyrt undervannsbåt (ROV) ble i 2003 valgt som alternativ til dykking. Transektene ble utvidet til 50 m dyp på alle stasjonene i 2003. I 1993 ble fire stasjoner undersøkt (stasjon 1, 2, 3 og 4) og de samme stasjonene ble undersøkt 23-27. juni 2003, med justering av stasjon 4 (som i 2003 viste seg å være utilgjengelig grunnet etablering av et oppdrettsanlegg ved lokaliteten). I tillegg ble ytterligere to stasjoner (stasjon 5 og 6) lengre ut i fjorden videofilmet, samt en alternativ stasjon (st.7) til den gamle referansestasjon 4, (**Figur 14**). Hovedutslippsledningen ble filmet fra overflaten og ned til utslippsstedet på 34 m dyp.

I tillegg til videotransekter ble det foretatt registrering av alger og dyr i fjæresonen fra 0 til 3 m dyp på alle stasjonene ved hjelp av fridykking. Videotransekt samt fridykking ble foretatt på tidspunkter rundt høyvann slik at en direkte sammenligning av stasjonene, med små justeringer, var mulig.

Utfra videofilmene er det gitt en beskrivelse av biologiske og fysiske forhold på stasjonene i 2003. Beskrivelsene er vurdert opp mot det som ble funnet ved dykkerundersøkelsene i 1993. Det er tatt hensyn til at dykkerundersøkelsene gir mer detaljer om forholdene enn ROV-opptak.



**Figur 14.** Kart over hardbunnsstasjoner i 2003.

Forekomst av taksa (arter eller grupper av arter) ble vurdert ved en semikvantativ skala: 1 (enkeltpunkt), 2 (spredt), 3 (vanlig) eller 4 (dominerende) (**Tabell 9**). Fridykkerresultatene i 2003 er sammenlignet med dypintervallet 0-3 m i dykkertransektene fra 1993 (**Vedlegg G**). Disse er også utgangspunkt for videre statistiske analyser av graden av likhet i artssammensetningen mellom de enkelte stasjonene og innenfor samme stasjon mellom de to periodene.

**Tabell 9.** Relativ forekomst i en skala fra 1- 4, og som transformert verdi, sammenlignet med prosent dekning eller antall/tetthet (etter Hiscock, 1990).

Forekomst-skala	Beskrivelse	Transformert forekomst ( $e^x$ )	Prosent dekning	Antall individer / m <sup>2</sup>
1	Enkeltpunkt	2.7	< 5 %	< 1
2	Spredt	7.4	5-20 %	1-10
3	Vanlig	20.1	20-80 %	10-100
4	Dominerende	54.6	> 80 %	> 100



Før statistiske analyser ble foretatt, ble arter som lett kunne forveksles med hverandre, slått sammen i overordnede taksonomiske grupper. Disse grupperingene er vist i **Vedlegg D**.

Artsmangfold ble beregnet ved en modifisert versjon av indeksen  $D_a$  (Margalef, 1957).

Det ble utført likhetsanalyser mellom stasjoner/år med utgangspunkt i artssammensetning. Mulige effekter av miljøparametre på artssammensetning ble analysert ved hjelp av PCA-analyser.

## 4.4 Resultater

### 4.4.1 ROV-undersøkelsene

*Generell beskrivelse av videotransektene på stasjonene, i rekkefølge nord-sør (Figur 14).*

#### Stasjon 5 (UTM32 N: 6971480; E: 454615)

En ytre stasjon var først tiltenkt helt ute på Knivskjeneset som en referansestasjon, men et fiskeoppdrettsanlegg var plassert i dette området. Anlegget hadde i følge en lokal båtfører blitt flyttet flere ganger i området. En ny stasjon, st 5 ble derfor opprettet ved Brubekken, nærmere Aluscan, som en ny referansestasjon (**Figur 14**). Stasjonen var ikke synlig påvirket fra oppdrettsanlegget lengre ute og viste heller ingen synlige tegn på påvirkning fra industrianleggene ved Aluscan. Floraen på denne stasjonen var, som på de øvrige stasjonene, til dels kraftig nedbeitet av sjøpinnsvin under sprangsjiktet (3 m) og ned til ca. 10 m dyp, med tydeligst nedbeiting rundt 7 m. Sprangsjiktet er skillete mellom et ferskere (eller varmere) vannlag og et saltere og vanligvis kaldere sjøvannslag. Sprangsjiktet kunne observeres vha. ROV. Fra 10 til 40 m dyp bestod bunnen av små stein på sandbunn og her var det sterk strøm. Fra 40 m og ned til 50 m dyp forekom mer finere bløtbunn med store forekomster av døde skjell på overflaten (kode BIVAL, kfr.) samt en del store steiner. Stasjonen viste ingen tegn på nedslamming. Artsantallet beregnet ut fra videotransektet fra 3 m og ned til 50 m var 24 arter (**Vedlegg D**). Dette er et forholdsvis lite antall arter, men tilskrives metodikken (video i forhold til dykking) samt at stasjonen var nedbeitet fra 3 til 10 m. Sommeralger som stivt kjerringhår (*Desmarestia aculeata*) var vanlig i det dypintervallet som sjøpinnsvinene beitet i. Det skyldes sannsynligvis at denne algen er lite utsatt for beiting fra sjøpinnsvin. Det generelle inntrykket var et normalt organismsamfunn.

#### Stasjon 6 (UTM32 N: 6969122; E: 455112)

Denne stasjonen ble også opprettet i 2003 og ligger noen hundre m utover fjorden fra Veidekke A/S sitt anlegg (**Figur 14**). Stasjonen var tydelig påvirket av sedimentering på dypere vann, men dette kunne ikke spores på grunnere vann. Fra 30 m og ned til 50 m bestod bunnen av mudder av svært fint materiale. Fargen var ren grå og det kan tenkes at området er påvirket av utslipp av partikulært materiale fra Veidekke eller avrenning fra industritomta. Materialet var forskjellig fra aluminiumoksydbelegget som ble funnet på stasjon 1 like ved Aluscan (Pedersen & Golmen, 1993). På mudderbunnen var det store mengder av sjøfjærene *Pennatula phosphorea* og *Virginea mirabilis*. *Pennatula phosphorea* forekom dypest rundt 50 m, mens *Virginea mirabilis* dominerte rundt 40 m dyp. Fra 30 m og opp til overflaten var sedimenteringen mindre og bunnen bestod hovedsakelig av mudder dekket med diatomér (encellede kiselalger), med flere steiner stikkende opp gjennom muddret. Fra 20 m og opp til overflaten var det mer stein, som dannet godt substrat for fastsittende

alger og dyr. Bunnen så normal ut fra 20 m og opp til overflaten. Nedbeitingen fra kråkeboller var ikke så tydelig på denne stasjonen som på stasjon 5, noe som kanskje kommer av substratets beskaffenhet - mudder - som er lite ettertraktet av sjøpinnsvin.

#### **Stasjon 1** (UTM32 N: 6968405; E: 455456)

Denne stasjonen er den samme som stasjon 1 fra 1993 (Pedersen & Golmen, 1993). Den ligger på nordsiden av kaianlegget ved Aluscan, inne på tomten til Veidekke A/S. Stasjonen var tydelig påvirket av virksomheter på land ved at store blokker av oljegrus dekket bunnen i fjæra og nedover til 50 m. Oljegrusen, som så gammel ut, var dekket med et beleg, sannsynligvis aluminiumoksyd. Oksydlaget var igjen dekket med et sedimentlag (bilde nr 13 i Pedersen & Golmen, 1993). Oljegrusen, aluminiumoksyden og annet fint sedimentert materiale (sannsynligvis avrenning fra grustak på land) dannet store flak og furer (fjellkjeder og daler) nedover mot dypet (**Figur 15 A**). Denne bunntypen er dårlig egnet for fastsittende organismer og det ble ikke observert fastsittende dyr mellom 20 og 50 m dyp. På 20 m forekom større blokker av enten gammel oljegrus eller et konglomerat av oljegrus, aluminiumoksyd og sand, noe som førte til at ettårige alger kunne finne brukbart substrat. Artene var stivt kjerringhår (*Desmarestia aculeata*) og fine røde alger som liknet rekeklo (*Ceramium* spp – CERAM). På 10-15 m dyp var sedimenteringen av det fine grå slammet mindre og flere arter forekom. Her fantes også steiner som gir et mer stabilt substrat for fastsittende organismer. På 5 m forekom store mengder av grønnalger av typen tarmgrønske (*Enteromorpha* sp – ENTEZ), samt rekeklo, som begge er indikatorer på stor næringsbelastning når de opptrer som dominerende arter. Dette var tilfelle på denne stasjonen og tilsier at stasjonen var næringssaltbelastet. Stasjonen var lite nedbeitet og ingen sjøpinnsvin ble observert.

#### **Stasjon 2** (UTM32 N: 6968219; E: 455482)

Stasjonen er identisk med stasjon 2 i 1993 (Pedersen & Golmen, 1993). Den ligger sør for kaianlegget ved Aluscan og var meget lik stasjon 1 med hensyn til substrat og påvirkning fra virksomhet på land. Bunnen var formet av flak og furer fra 15 til 50 m dyp, og saltbelegget dominerte helt opp til 5m, hvor større steiner erstattet bløtbunn. Store mengder tarmgrønske ble funnet løstliggende i furene på bunnen fra 15 og ned til 45 m dyp. Det ble ikke observert sjøpinnsvin på denne stasjonen, som på stasjon 1. På 25 m stakk enkelte steiner opp av sedimentet. Forekomsten av steiner økte ettersom en nærmet seg overflaten. Det gjorde også mengden av alger og dyr, men stor sedimentering medførte redusert forekomst av dem. Dominansen av grønnalger (*Enteromorpha* sp og *Cladophora* sp), samt rekeklo, indikerte at stasjonen var utsatt for høye næringssaltbelastninger. Det ble registrert bare 16 taksa (arter eller grupper av arter) mot 24, 23 og 22 taksa på henholdsvis stasjon 5, 6 og 1.

#### **Stasjon 3** (UTM32 N: 6968075; E: 455546)

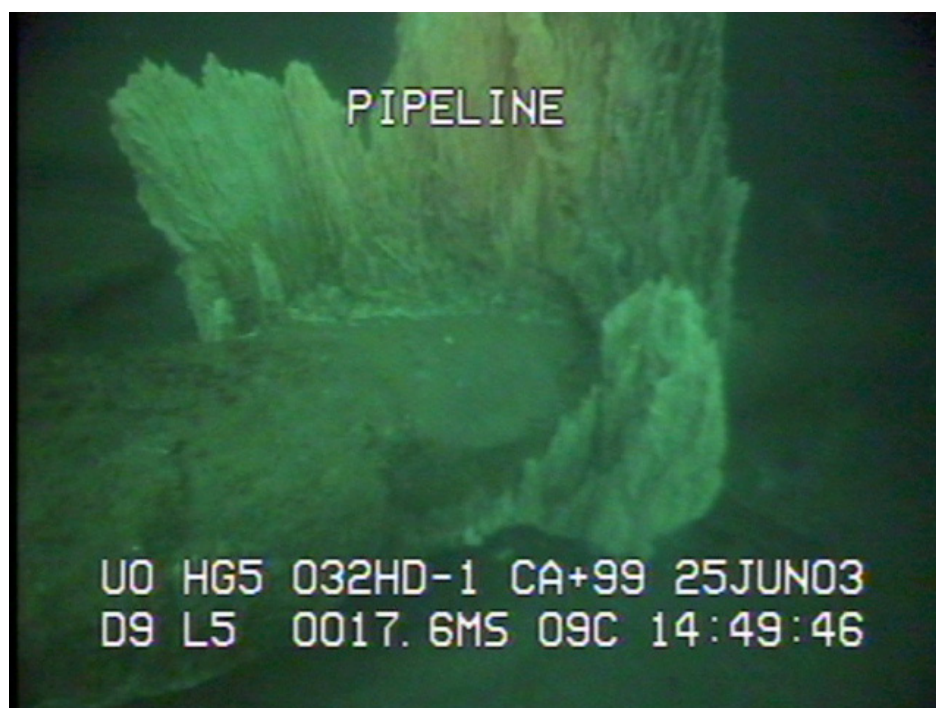
Stasjon 3 tilsvarer stasjon 3 i 1993 (Pedersen & Golmen, 1993). Stasjonen ligger rett ut for kontorbygningene ved Aluscan og var meget lik stasjon 2. Stasjonen hadde samme helning og substrattypen som stasjon 1 og 2. På 50 m ble det funnet en død krabbe, ellers ble det ikke registrert dyr før på 30 m. På 25 m forekom steiner stikkende opp av sedimentet. Også her ble løse revete grønnalger funnet helt ned til 45 m. Noen flere taksa (19) ble registrert på stasjon 3 enn på stasjon 2 (16). Stasjonen var tydelig påvirket av stor sedimentering og utslipp av aluminiumoksyd fra land.

**Stasjon 7** (UTM32 N: 6965052; E: 457146)

Ved den tidligere referansestasjon 4 var det plassert et større oppdrettsanlegg og en kunne ikke foreta noen videoregistrering på denne stasjonen i 2003. En ny stasjon (7) (**Figur 14**) ble opprettet like ved, selv om denne stasjonen trolig var påvirket av utslipp fra anlegget. Bunnen bestod av store og små steiner helt ned til 50 m, men var lokalt dekket av et tynt lag med slam som enten kunne være fôrrester eller ekskrementer fra fisk. Alger og dyr i fjæra var dekket av fôrrester og et fettbelegg fra fôr. Det var betydelige mengder med ung fisk av forskjellige typer på stasjonen. Ellers var alge og dyrelivet rikere på denne stasjonen enn på noen av de andre stasjonene. Hele 32 taksa ble registrert fra videotransektene. Stasjonen var lite sedimentert på 50 m, i motsetning til de andre stasjonene. Store steiner ga et godt substrat for fastsittende organismer, men store forekomster av sjøpinnsvin fra 10 m og opp til 1.5 m hadde beitet ned bunnen. Nedbeitingen var større enn på noen av de andre stasjonene.

**Utslippsledning** (UTM N: 6968368; E: 455457)

Det ble også foretatt videofilming av hovedutslippsledningen. Den har sitt utløp under kaianlegget ved Aluscan og går ned til 34 m dyp. Det var brudd på ledningen på 21 m dyp og det hadde dannet seg store mengder av utfellinger rundt bruddet, noe som hadde resultert i et 2 m høyt tårn av saltutfelling (**Figur 15 B**). På 34 m dyp, hvor utslippet egentlig skulle ha gått, var det betydelig mindre saltutfelling. Det kan dermed antas at det meste av utslippet har gått ut på 21 m og ikke på 34 m dyp.

**A****B****Figur 15.**

**A.** Aggregat av steiner som muligens kan være gammel oljegrus eller småstein og sand bundet sammen av aluminiumoksyd. Bunnen er dekket av fint slam og aluminiumoksyd. Det hvite på bunnen på og ved siden av aggregatet som stikker opp av bunnen, er høyst sannsynlig aluminiumoksyd. Trekantmark vokser på sidene. Bildet er fra 27.3 m dyp på stasjon 3.

**B.** Saltutfellinger fra brudd på undersiden av utslippsledningen på 21 m dyp. Bildet er tatt med fjernstyrt undervannsrobot (ROV) og viser en 2 m høy oppbygning av hvitaktige salter. En svak knekk på selve ledningen kan sees. Bildet er fra 17.6 m dyp ved utslippsledningen mellom stasjon 1 og 2.

#### 4.4.2 Fjæreundersøkelsene

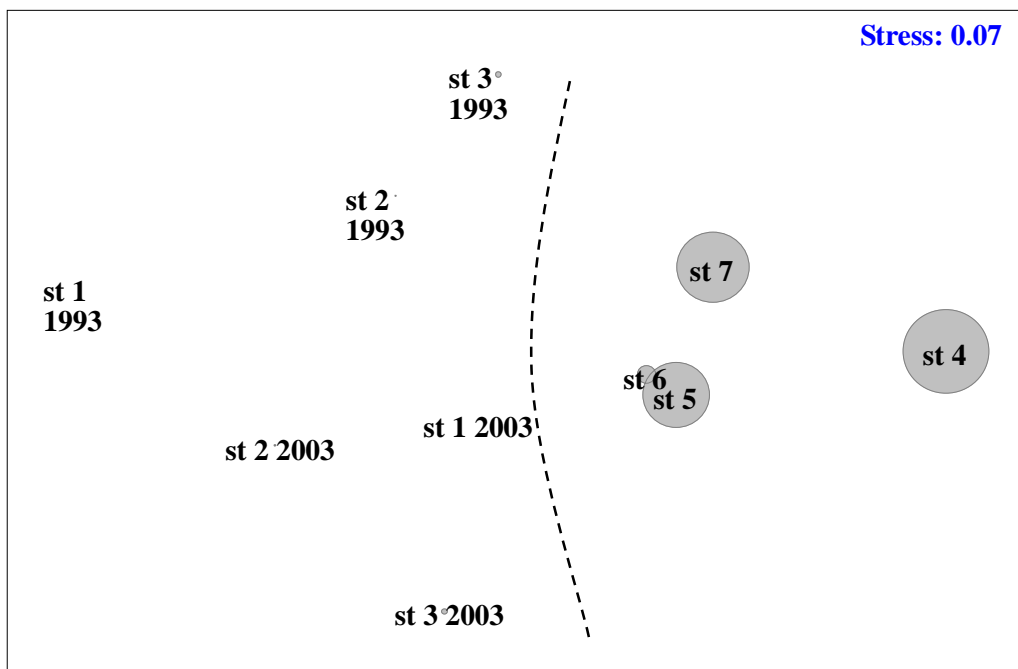
Videoregistrering med ROV i fjæra var vanskelig på grunn av store forekomster av tang. Fridykking ble derfor benyttet på alle stasjonene og resultatene ble sammenlignet med dataene fra 1993. **Tabell 10** viser at antall arter i fjæra (0-3 m) på stasjonene utenfor Aluscan i 2003 (stasjon 2 og 3) var lavere enn på de andre stasjonene. I 1993 kunne ingen slik tendens spores. Da hadde stasjon 2, som ligger rett utenfor Raudsand Gruver, høyest antall registrerte taksa, høyest tetthet av alger og dyr, samt høyest indeks for artsrikdom.

**Tabell 10.** Antall arter (S), summen av alle forekomster (N) og en indeks for artsrikhet (Da - Margalef) i fjæra (0-3 m dyp) på alle stasjonene i periodene 1993 og 2003.

År	Stasjon	S	N	Da
2003	st 5	17	44	4.2
	st 6	21	53	5.0
	st 1	20	55	4.7
	st 2	13	33	3.4
	st 3	13	33	3.4
	st 7	25	69	5.7
	st 1	8	21	2.3
1993	st 2	19	51	4.6
	st 3	15	45	3.7
	st 4	11	33	2.9

Den tydeligste endringen i fjæra fra 1993 til 2003 var på stasjon 1, hvor det i 1993 ble funnet bare 8 taksa, mens det i 2003 ble funnet hele 20 taksa. Derimot ble det funnet færre arter i 2003 på stasjon 2 og 3 sammenlignet med 1993. Stasjon 4 hadde et lavt antall taksa i 1993, mens stasjon 7 som ligger like ved, hadde et meget høyt antall taksa i 2003. Det høye antall taksa på stasjon 7 kan skyldes at næringssaltvirkning fra oppdrettsanlegget kan virke stimulerende på artsrikdommen i fjæra ved lave belastninger. Forskjellen mellom de to årene ligger også i tidspunktet for undersøkelsene. I 1993 ble undersøkelsene foretatt i oktober. På det tidspunkt var mange av sommer- og vårartene borte. I 2003 ble undersøkelsen foretatt på sommeren (juni) noe som skulle tilsi høyere artsantall i 2003 enn i 1993. For stasjon 1 var dette tilfelle, men ikke for stasjon 2 og 3. Stasjon 4 hadde i 1993 også et betydelig lavere antall taksa enn stasjon 7 hadde i 2003. Stasjonene er ikke direkte sammenlignbare, men artslisten fra 2003 på stasjon 7 inneholder fem typiske sommerarter, mens ingen sommeralger ble registrert på stasjon 4 i 1993 (**Vedlegg G**).

For å sammenligne taksasammensetningen i 0 til 3 m dyp mellom stasjoner og de to periodene, ble data fra transektene i 0-3 m intervallet fra 1993 og fridykkerundersøkelsen i 2003 benyttet. MDS-plottet i **Figur 16** viser at det er stor spredning mellom de påvirkete stasjonene i plottet. Det er forskjell mellom stasjonene 1, 2 og 3 i 1993 og 2003, men ikke signifikant ( $r = 0.7$ ,  $p = 0.1$ ) på grunn av få stasjoner og stor spredning mellom stasjonene. Hvilke arter som bidro til forskjeller mellom årene sees av **Tabell 11**.



**Figur 16.** MDS-plot av alle taksa i dypintervallet 0-3 m, gruppert i henhold til **Vedlegg F**. . Avstanden fra utslippsledning til stasjonene er markert ved at prøver langt fra utslippet representeres av en stor sirkel. Prøvene til venstre for den prikkede linjen ligger nærmest Raudsand Gruver.

**Tabell 11.** Arter i dypintervallet 0-3 m som sterkest bidro til å skille årene 1993 og 2003 på stasjonene 1, 2 og 3 (se **Figur 16** og artscodeforklaring i **Vedlegg E**).

Arter	2003 Gj.forekomst	1993 Gj.forekomst	Bidrag%	Kumulativt bidrag%
CERAM	3.67	0.00	7.71	7.71
ECTOZ	3.00	0.00	6.36	14.06
AUDOZ	1.00	3.33	5.84	19.90
ENTEZ	2.67	4.33	5.27	25.17

De artene som mest bidro til å skille stasjonene var rekeklo-liknende arter (CERAM) og brunslilignende arter (ECTOZ). Begge taksa er i hovedsak representert om sommeren og forsvinner helt eller delvis på senhøsten.

Alle stasjonene ved Aluscan (1, 2 og 3) var signifikant forskjellige fra alle andre stasjoner, begge årene (**Figur 16**,  $r = 0.5$ ,  $p = 0.02$ ). Figuren viser også at stasjonene som ligger langt fra utslippet grupperes til høyre i plottet, mens de påvirkete stasjonene hadde en artssammensetning som medførte at stasjonene ble plassert mer spredt i MDS-plottet, men adskilt fra referansestasjonene. Artene som skilte de mest påvirkete fjærestasjonene fra andre stasjoner er listet i **Tabell 12**. De algene som bidro mest til å skille de påvirkete og de ikke påvirkete stasjonene, var skorpeformete rødalger (Coralliniaceae indet. - CORAX) som krever stein eller fjell som substrat. Det er derfor naturlig at slike alger skiller de påvirkete og ikke påvirkete stasjoner da substratet er mindre egnet for utbredelse av disse artene på stasjonene 1, 2 og 3. Blågrønnalger (Cyanophyceae div. indet. - CYANO) er også viktige alger som ofte forekommer i større mengder på belastede steder, enten sterkt eutrofe lokaliteter eller på steder med giftige utslipp. Vanlig grønndusk (CLARU) trives best på lokaliteter uten større belastninger. Alle disse tre artene bidro med vel 4% hver til forskjellene.

**Tabell 12.** Arter i dypintervallet 0-3 m som skilte de mest påvirkete stasjonene 1, 2, og 3 (gruppe 1) fra referansestasjonene (gruppe 0). (Se **Figur 16** og artskodeforklaring i **Vedlegg E**.)

Arter	Gruppe 0 Gj. Forekomst	Gruppe 1 Gj. forekomst	Bidrag%	Kumulativt Bidrag%
CORAX	2.50	0.00	4.52	4.52
CLARU	3.00	0.83	4.09	8.61
CYANO	0.00	2.17	4.04	12.66
MYTED	1.00	3.17	3.95	16.61
ENTEZ	2.00	3.50	3.88	20.49
AUDOZ	1.50	2.17	3.76	24.25
FUCSE	3.00	1.00	3.65	27.90
HILRU	2.25	0.50	3.42	31.32
ASCNO	4.00	2.17	3.39	34.71
CHOCR	3.00	1.33	3.26	37.97
CERAM	0.50	1.83	3.21	41.18
FUCVE	3.75	2.00	3.19	44.37
PELCA	1.75	0.00	3.15	47.51
PORPZ	0.50	2.00	3.11	50.63
ULVUL	0.00	1.67	3.02	53.64

#### Miljøfaktorer

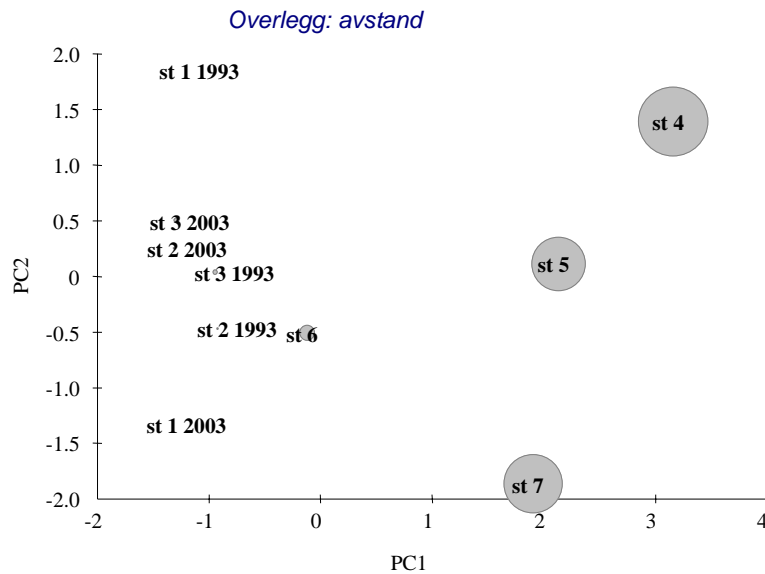
For å vurdere om aktuelle miljøfaktorer kunne gjenspeile det biologiske utbredelsesmønsteret, ble det laget en matrise hvor avstand fra utslipp, ettårige og flerårige alger samt graden av nedbeiting og sedimenteringsgrad var gradert for hver stasjon (**Tabell 13**), ble brukt i en PCA-analyse.

**Tabell 13.** Variable benyttet til *Principal Component Analyse* (PCA).

Variable\ stasjoner	2003						1993			
	st 5	st 6	st 1	st 2	st 3	st 7	st 1	st 2	st 3	st 4
Ettårige alger	4	5	8	5	5	7	1	2	2	0
Flerårige alger	8	9	9	6	5	12	4	12	10	7
Nedbeiting	6	3	0	0	0	8	0	0	0	10
Sedimenterig	0	3	4	4	4	2	4	4	4	0
Avstand fra utslipp	5.9	1.6	0	0.09	0.45	6.4	0	0.09	0.45	7.6

Stasjonsplasseringen (PCA) i henhold til forskjell i miljøforhold på de forskjellige stasjonene, er vist i **Figur 17**, og gjenspeiler i stor grad hvordan stasjonene plasserte seg i henhold til de biologiske data alene (**Figur 16**). På **Figur 17** er verdiene for avstand lagt som et overlegg på plottet. Økt diameter av sirkelen representerer økt avstand fra utslippsledningen. Figuren viser at avstand er en av de viktige faktorene for spredning av stasjonene i plottet langs akse 1 (PC1). Avstand fra utslippet og nedbeiting forklarer, sammen med sedimentering som plassere seg motsatt i plottet, det meste av variasjonen (forskjellen) mellom stasjonene.





**Figur 17.** *Principal Component Analyse* (PCA) av miljøfaktorer (**Tabell 13**) på stasjonene. Sirklene er verdier for avstand lagt som overlegg på analysen.

## 4.5 Konklusjon

Aluminiumoksyd og stor partikkelforurensning fra land har medført dårlige substratforhold for fastsittende alger og dyr på stasjonene 1, 2, 3 og til dels på stasjon 6.

I nærområdet til Aluscan ble det observert lite sjøpinnsvin, men en del sjøstjerner. Forekomsten var betydelig mindre enn på stasjonene lenger vekk fra Raudsand Gruver. Pigghuder som inkluderer sjøpinnsvin og sjøstjerner, er vanligvis ømfintlige ovenfor giftutslipp (e.g. Pagano & al., 2002; Coteur & al., 2003). Utslipp fra Aluscan omfatter bl.a. utslipp av ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) (Pedersen & Golmen, 1993), et stoff som svært mange organismer er ømfintlige for. Denne hardbunnsundersøkelsen kan derimot ikke skille mellom effekter av de forskjellige utslippskomponentene, men mest sannsynlig skyldes fraværet av pigghuder en kombinasjon av ammoniakktutslipp og dårlig egnete substratforhold.

Nærområdet ved Aluscan er tydelig eutroft, noe som høyst sannsynligvis skyldes utslipp av ammoniakk og fosfin ( $\text{PH}_3$ ). Store forekomster av grønnalger, samt fjærehinne (*Porphyra* sp.), indikerer dette. Disse algene er eutrofindikatorer og tåler høye konsentrasjoner av ammoniakk. Effektene var begrenset til selve industriområdet, dvs. stasjonene 1, 2 og 3 innen 500 m avstand fra Aluscan.

Bruddet på utslippsledningen kan ha ført til at dyputslippet ikke har oppnådd de ønskete resultater mht. reduserte eutrofi-effekter. Dette er fordi innlagringen for ferskvannsutslippet under den eufotiske sone ikke har vært god. Næringssalter kan derfor ha vært tilgjengelig for alger helt opp i fjæra i perioder med svak sjiktning i vannet. Virkningene har imidlertid vært lokale.

Forholdene på stasjonene 1, 2 og 3 hadde ikke endret seg særlig siden 1993. Stasjon 1 var i 2003 i en bedre forfatning enn i 1993, dvs. mer artsrik, men det motsatte kan sies om stasjonene 2 og 3, som var litt artsfattigere i 2003. Forskjeller i årstid for de to undersøkelsene kan ikke forklare hele forskjellen.



En bør også ta i betraktning at lokaliteter som er utsatt for ulike typer forurensningsbelastninger, vil endre seg i større grad enn lokaliteter uten belastninger. En kan derfor ikke se bort fra at slike endringene som her er observert over en 10-år periode kan være vanlige på belastete lokaliteter.

## 5. Referanser

- Clifford H.T., Stephenson, W. 1975. *An Introduction to Numerical Classification*. Academic Press, 229 pp.
- Coteur, G., Gosselin, P., Wantier, P., Chambost-Manciet, Y., Danis, B., Pernet, P., Warnau, M., Dubois, P., 2003. Echinoderms as bioindicators, bioassays, and impact assessment tools of sediment-associated metals and PCBs in the North Sea. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45(2):190-202.
- Green, N., Hylland, K., Ruus, A., Walday M., 2002. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National Comments regarding the Norwegian Data for 2000. (Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 842/02. TA-no. 1854/2002.) NIVA report 4468-2002. 197pp.
- Hiscock, K. 1990. Marine Nature Conservation Review: Methods. Nature Conservation Council, CSD Report, No. 1072. Marine Nature Conservation Review Occasional Report MCCR/OR/05. Peterborough: Nature Conservancy Council.
- Holthe T, Stokland Ø, 1980. Biologiske undersøkelser – Kristiansunds fastlandssamband. Bunndyrundersøkelser 1978-1979. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser.* 1980 – 5. 27 s.
- Iversen, E.R., Kolderup, H., Konieczny, R.M., Golmen, L.G., Lømsland, E.R., Oehme, M., 1993. ALUSCAN A/S - Miljøvurdering ved behandling av saltslagg fra sekunderaluminiumindustrien. NIVA-rapport OR-2883. O-911431. 78 s.
- Iversen, E.R., Schaanning, M., 2002. Aluscan AS. Vurdering av midlertidig utslipp til sjø. NIVA-notat 2002-06-17. 12s.
- Knutzen, J., 1989. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapp. 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 347/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport l.nr 2273, 34s.
- Margalef, R. 1957. La teoría de la información en ecología. *Mem. R. Acad. Cien. Artes* 32: 373-449.
- Molvær, J. 1990: Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapp. 6. Vannutskifting og vannkvalitet. NIVA-rapport nr 2406, 45 s.
- Nilsen, J., Bjørdal, S., 1979. Hydrofysiske undersøkelser i Freifjorden og tilgrensende fjorder. Rapp. Vassdrags - og havnelaboratoriet. STF60 A79058.
- Næs K, Rygg B, 1988. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnfauna 1986. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 306/88, 54 s. (NIVA 2093).
- Næs, K., Knutzen, J., Oug, E., Rygg, B., Håvardstun, J., Tveiten, L., Lie, M.C., 2001. Overvåking av Vefsnfjorden, Sunndalsfjorden og Årdalsfjorden 2000. PAH, klorerte forbindelser og metaller i organismer og sedimenter, sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA rapport 4440-2001. 117s.

Oug E, Næs K, Rygg B, 1998. Relationship between soft bottom macrofauna and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smelter discharge in Norwegian fjords and coastal waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 173, 39-52

Pagano, G., Merec, S., De Biase, A., Laccarino, M., Petruzzelli, D., Tünay, O., Warnau, M., 2002. Toxicity of Bauxite manufacturing by-products in sea urchin embryos. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 51:28-54.

Pedersen A., Golmen, L. 1993. ALUSCAN A/S. Marine environmental impact from the discharge water. Report from a survey in October 1993. NIVA-report 2957 (in English), 33 pp.

Rygg B, 1985. Effect of sediment copper on benthic fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25, 83-89

Rygg B., Næs, K. 1989. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 4. Gruveforurensning av fjordbunnen ved Rausand. Undersøkelser i 1988. Overvåkingsrapport nr. 349/89. NIVA-rapport 2266, 29s.

Schaanning, M., 2002. Revidert estimat for utslipp av metaller til sjø via faststoff. Tillegg til NIVA notat 2002-06-17, 20.06.02, 2s.

## Vedlegg A. De vanligste bløtbunnsfaunaartene på hver stasjon i 1986, 1988 og 2003.

BIV=Bivalvia (musling); POL=Polychaeta (mangebørstemark); GAS=Gastropoda (snegl); OPH=Ophiuroidea (slangestjerne); OST=Ostracoda (muslingkreps); NEM=Nemertea (båndmark); AMP=Amphipoda (krepsdyr)

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	AF02 2003	AF07 2003	AF11 2003
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>			17
POL	Hesionidae	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	2		
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifer</i>	1	1	
POL	Terebellidae	<i>Pista cristata</i>		3	
GAS	Philineidae	<i>Philine scabra</i>		2	4
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira sarsi</i>	2	11	17
AMP	Oedicerotidae	<i>Westwoodilla caecula</i>	1	1	

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU1 2003
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	178
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	166
POL	Cirratulidae	<i>Tharyx</i> sp	65
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifer</i>	63
POL	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i>	19
POL	Arabellidae	<i>Drilonereis filum</i>	16
POL	Chaetopteridae	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	14
BIV	Kelliellidae	<i>Kelliella miliaris</i>	14
POL	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp	12
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	11

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU1 1988
POL	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i>	27
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	26
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	24
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	5
POL	Cirratulidae	<i>Cirratulus cirratus</i>	3
POL	Glyceridae	<i>Glycera capitata</i>	1
GAS	Naticidae	<i>Natica montagui</i>	1

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU2 2003
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	140
POL	Chaetopteridae	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	98
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	65
POL	Oweniidae	<i>Myriochele heeri</i>	55
BIV	Kelliellidae	<i>Kelliella miliaris</i>	54
POL	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp	35

POL	Paraonidae	<i>Cirrophorus</i> cf. <i>lyra</i>	16
POL	Maldanidae	<i>Euclymeninae</i> indet	16
OPH	Amphilepididae	<i>Amphilepis norvegica</i>	15
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira obsoleta</i>	13

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU2 1988
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	13
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	12
POL	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i>	7
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	6
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	2
BIV	Nuculanidae	<i>Yoldiella lucida</i>	1

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU4 2003
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	79
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	70
BIV	Kelliellidae	<i>Kelliella miliaris</i>	53
POL	Chaetopteridae	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	31
POL	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp	17
OPH	Amphilepididae	<i>Amphilepis norvegica</i>	16
BIV	Scrobiculariidae	<i>Abra nitida</i>	13
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	9
OST	Cypridinidae	<i>Philomedes lilljeborgi</i>	5
POL	Orbiniidae	<i>Orbinia norvegica</i>	5

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU4 1988
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	15
POL	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp	7
BIV	Scrobiculariidae	<i>Abra nitida</i>	7
BIV	Nuculanidae	<i>Yoldiella lucida</i>	6
POL	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i>	4
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	3
BIV	Nuculidae	<i>Nucula tumidula</i>	2
NEM		<i>Nemertinea</i> indet	2
POL	Sigalionidae	<i>Leanira tetragona</i>	1
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	1

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU7 2003
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	202
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifera</i>	157
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	86
POL	Chaetopteridae	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	52
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	35
BIV	Kelliellidae	<i>Kelliella miliaris</i>	32
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	17
POL	Cirratulidae	<i>Tharyx</i> sp	17
POL	Spionidae	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	8

POL	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i>	6
-----	--------------	-------------------------	---

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU7 1988
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	22
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	20
POL	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i>	11
POL	Cirratulidae	<i>Tharyx</i> sp	10
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifera</i>	6
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	6
POL	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i>	6
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	3
GAS	Naticidae	<i>Natica montagui</i>	2
AMP	Oedicerotidae	<i>Arrhis phyllonx</i>	2

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU9 2003
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	273
POL	Cirratulidae	<i>Tharyx</i> sp	212
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	160
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifera</i>	80
POL	Chaetopteridae	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	53
BIV	Kelliellidae	<i>Kelliella miliaris</i>	24
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	23
POL	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp	21
POL	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> sp	11
POL	Spionidae	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	10

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	RU9 1988
POL	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i>	41
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	22
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	14
POL	Cossuridae	<i>Cossura longocirrata</i>	5
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	1
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifera</i>	1
POL	Cirratulidae	<i>Cirratulus cirratus</i>	1
POL	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>	1

GRUPPE	FAMILIE	NAVN	SD1 1986
POL	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	296
BIV	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i>	141
POL	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>	116
POL	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i>	37
POL	Cossuridae	<i>Cossura longocirrata</i>	13
POL	Spionidae	<i>Prionospio cirrifera</i>	6
POL	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i>	5
NEM		<i>Nemertinea</i> indet	4
POL	Cirratulidae	<i>Tharyx</i> sp	3
BIV	Kelliellidae	<i>Kelliella miliaris</i>	2

## Vedlegg B. Bløtbunnsfauna - arter og deres individdtall i grabbprøvene fra hver stasjon i 2003

Stasjon AF02, AF07, AF11

Gruppe	Familie	Art/Takson	AF02	AF07	AF11
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinoe jeffreysii			17
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Ophiodromus flexuosus	2		
POLYCHAETA	Hesionidae	Syllidia armata		1	
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	1	1	
POLYCHAETA	Terebellidae	Pista cristata		3	
OPISTHOBANCHIA	Philine	Philine scabra		2	4
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sarsi	2	11	17
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula	1	1	
DECAPODA		Zoealarve		1	
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp		1	
ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum			1
CHAETOGNATHA		Chaetognatha indet		1	1

Stasjon RU1

Gruppe	Familie	Art/Takson	G1	G2	G3	G4
NEMERTINEA		Nemertinea indet		2	1	
POLYCHAETA		Terebellomorpha indet		1		
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinoe jeffreysii		1	1	4
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis cf. rosea			1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		1		1
POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae indet				1
POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni	2		1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. hystericis	3		4	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. incisa				1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. pulchra	1		1	1
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp	3	3	4	2
POLYCHAETA	Arabellidae	Drilonereis filum		1		15
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	6	24	16	17
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	1	1	5	7
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella sp	3		2	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	1			
POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx sp	14	7	18	26
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	14			1
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp				3
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp III	31	45	53	19
POLYCHAETA	Maldanidae	Asychis biceps			1	2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	11	3	3	2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melythasides laubieri		1		
POLYCHAETA	Terebellidae	Neoamphitrite grayi			1	1
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus medusa	1			
POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma bairdi				1
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet	1	1		1

BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus		1		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	26	31	71	50
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira ferruginea		1		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta				2
BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris		3	7	4
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Arrhis phyllonx		1		
CHAETOGNATHA		Chaetognatha indet	3	3	3	3
VARIA		Vermiformis indet			1	

## Stasjon RU2

Gruppe	Familie	Art/Takson	G1	G2	G3	G4
NEMERTINEA		Nemertinea indet	3	1	3	2
NEMATODA		Nematoda indet		3	2	
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata			1	
POLYCHAETA	Sigalionidae	Leanira tetragona				1
POLYCHAETA	Sigalionidae	Pholoe pallida	1		1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis cf. rosea			1	3
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis rosea	1			
POLYCHAETA	Pilargiidae	Synelmis klatti				1
POLYCHAETA	Nereidae	Nereis sp			1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. hystericis		1		
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. pulchra	1	1	3	3
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystericis			1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp	1			
POLYCHAETA	Sphaerodoridae	Sphaerodorum flavum			1	
POLYCHAETA	Onuphidae	Onuphis fiordica	2			
POLYCHAETA	Onuphidae	Onuphis quadricuspis		1		
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp	7	8	13	7
POLYCHAETA	Arabellidae	Drilonereis filum			1	
POLYCHAETA	Orbiniidae	Orbinia norvegica			1	1
POLYCHAETA	Paraonidae	Cirrophorus cf. lyra	4	2	9	1
POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	1			1
POLYCHAETA	Paraonidae	Paraonis gracilis			2	
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	5	3		1
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri	1	1	8	1
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	22	33	23	20
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella serrata			2	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta sp	1			
POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx sp			2	
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp		1	2	
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	1		2	2
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp	1	3	12	
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp III	22	14	43	40
POLYCHAETA	Capitellidae	Notomastus latericeus	1			
POLYCHAETA	Maldanidae	Asychis biceps	1		10	1
POLYCHAETA	Maldanidae	Clymenura sp			1	
POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae indet	2	5	7	1
POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni	1			
POLYCHAETA	Oweniidae	Myriochele cf. heeri		2		
POLYCHAETA	Oweniidae	Myriochele heeri	53			
POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria belgica		1		1



POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata		5	1	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melythasides laubieri	1		1	
POLYCHAETA	Trichobanchidae	Terebellides stroemi	1		2	
OPISTHOBANCHIA	Philineidae	Philine scabra			1	
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet			6	
BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus			1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	23	8	17	17
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira ferruginea	1	1	7	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta	2	1	9	1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira pygmaea	1		3	3
BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	21	9		24
BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata		2		
SCAPHOPODA	Entalinidae	Entalina quinquangularis			3	
OSTRACODA		Cythereis echinata				1
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes lilljeborgi	5	2	3	1
CRUSTACEA		Meganyctiphanes norvegica				1
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serrata	4	1		2
AMPHIPODA		Amphipoda indet			1	
AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata	1	1	6	4
DECAPODA		Zoealarve	1		2	1
DECAPODA	Axiidae	Calocaris macandreae				1
SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupi	1	1	3	4
SIPUNCULIDA		Sipunculida indet			1	
OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica		5	10	
CHAETOGNATHA		Chaetognatha indet	2	3	3	3
VARIA		Vermiformis indet		5		

## Stasjon RU4

Gruppe	Familie	Art/Takson	G1	G2	G3	G4
NEMERTINEA		Nemertinea indet		1		
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp	1			
POLYCHAETA	Sigalionidae	Leanira tetragona			1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		1		
POLYCHAETA	Pilargiidae	Synelmis klatti	1			
POLYCHAETA	Syllidae	Exogone sp	1			
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. hystericis		2		1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. pulchra	1		1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystericis			1	2
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp	1			
POLYCHAETA	Onuphidae	Onuphis fiordica		1		
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp	2	8	4	3
POLYCHAETA	Orbiniidae	Orbinia norvegica		3	2	
POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	1	1		
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera		4		
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	6	12	8	5
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet			1	
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina norvegica	1			
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp		1		
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	9	2		
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp		1		4
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp III	25	20	6	3

POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni		1		
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata		1		
POLYCHAETA	Trichobanchidae	Terebellides stroemi		1		
OPISTHOBANCHIA		Tectibranchia indet			1	
OPISTHOBANCHIA	Philineidae	Philine sp			1	
BIVALVIA	Nuculidae	Nucula tumidula			1	1
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella fraterna		1		
BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus		1		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	8	19	44	8
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira pygmaea			1	1
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	4	1	6	2
BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	9	5	37	2
BIVALVIA	Cuspidariidae	Cuspidaria obesa		1		
SCAPHOPODA	Entalinidae	Entalina quinquangularis				1
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes lilljeborgi		2	2	1
CUMACEA	Leuconidae	Eudorella sp				1
CUMACEA	Leuconidae	Eudorella truncatula			1	1
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serrata				3
AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata		1		
DECAPODA	Axiidae	Calocaris macandreae			1	1
SIPUNCULIDA		Golfingia cf. margaritacea		1		
SIPUNCULIDA		Golfingia sp	1	4		
SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupi		1		
SIPUNCULIDA		Sipunculus norvegicus		1		
OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica		10	4	2
CHAETOGNATHA		Chaetognatha indet		1	1	1

## Stasjon RU7

Gruppe	Familie	Art/Takson	G1	G2	G3	G4
NEMERTINEA		Nemertinea indet	1		4	1
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	2	10	15	8
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata	1			
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp			1	1
POLYCHAETA	Sigalionidae	Leanira tetragona	1		1	1
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis cf. rosea			1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Syllidia armata		1		
POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni	1			
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. hystericis	1	3		
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. pulchra	1		1	4
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystericis	1	2	1	2
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys pulchra			1	
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp			3	
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifer	65	8	58	26
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri	6	1		1
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	37	11	4	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	6			
POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta cf. polyonyx				1
POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta sp			3	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx sp	6	5	3	3
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis				2
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp III	5	28	33	18

POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	3	1	2	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi	5			
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet			1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	35	35	69	63
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta		2		
BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	1	6	17	8
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes lilljeborgi	1	1		
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serrata	1			
AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata	2			
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium haplocheles	1			
AMPHIPODA	Paramphithoidae	Epimeria cornigera			1	
DECAPODA	Crangonidae	Pontophilus norvegicus	1			
DECAPODA	Axiidae	Calocaris macandreae			1	
CHAETOGNATHA		Chaetognatha indet			2	

## Stasjon RU9

Gruppe	Familie	Art/Takson	G1	G2	G3	G4
NEMERTINEA		Nemertinea indet	1	2	3	
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinoe jeffreysii	13	8	1	1
POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae indet	1			
POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni	1			
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. hystericis	2	1	1	1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys cf. pulchra		2		
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystericis			2	2
POLYCHAETA	Onuphidae	Onuphis fiordica				1
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp	9	7	5	
POLYCHAETA	Arabellidae	Drilonereis filum	1			1
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifer	26	24	18	12
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri	3		4	3
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	26	10	8	9
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cauleriella sp		3		
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa				1
POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx sp	41	82	40	49
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis		2	3	
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp III	113	68	52	35
POLYCHAETA	Maldanidae	Asychis biceps	1			
POLYCHAETA	Maldanidae	Clymenura sp	1			
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	2	1	1	2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melythasides laubieri	1			
POLYCHAETA	Terebellidae	Neoamphitrite grayi		1	1	
POLYCHAETA	Terebellidae	Paramphitrite tetrabranchiata	2			
POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma cf. bairdi				2
POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet			1	
PROSOBRANCHIA	Naticidae	Lunatia montagui		1		
BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus			1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	61	31	30	38
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta	2	2		
BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	4	9	8	3
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes lilljeborgi		1		
ISOPODA	Parasellidae	Eurycope cornuta	3		1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus				1

DECAPODA	Crangonidae	Pontophilus norvegicus			1	
ASTEROIDEA	Astropectinidae	Astropecten irregularis			1	

## Vedlegg C. Stasjonsbeskrivelser – bløtbunnsfauna og sedimenter - Sunndalsfjorden 23.-25.4.2003.

Stasj	Dyp	Lengde	Bredde	Beskrivelse
RU5	328	8°07.809	62°53.421	23.4.03. Sol, ingen vind eller bølger, Båten lå fint på stasjonene. Blåste opp utover dagen. kl. 0945. Korn, TOC, Metaller. Van-veen grabb Full grabb, brunt tynt topplag, olivenfarget siltig sediment. Noe rørbyggende mark, ellers lite liv.
RU6	326	8°08.332	62°51.624	kl. 1050. Korn, TOC, Metaller. Van-veen grabb Full grabb, brunt tynt topplag, olivenfarget siltig sediment. Noe rørbyggende mark, ellers lite liv.
RU7	330	8°08.70	62°50.95	Grabbing. kl. 1120-1345. Tatt litt av hver grabb til Korn, TOC, metall og PCB7-prøver. Grabb 1: Olivenfarget topplag, sølvfargete partikler. koksfarget nedover i sedimentet. Reke, noen mark, lite materiale
RU7	331	8°08.688	62°50.962	Grabbing. kl. 1120-1345. Grabb II: som grabb I, men noe mer dyr. skjell, krepsdyr. lite materiale.
RU7	330	8°08.706	62°50.955	Grabbing. kl. 1120-1345. Grabb III: som grabb I,
RU7	330	8°08.685	62°50.946	Grabbing. kl. 1120-1345. Grabb IV: som grabb I.
RU9	330	8°09.60	62°50.10	Grabbing. kl. 1435-1700. Tatt litt av hver grabb til Korn, TOC, metall og PCB7-prøver. Grabb 1: Olivenfarget tvers gjennom hele grabben, noe mer grønn på toppen og grå/grønn nedover i sedimentet. Lettspylt. Lite materiale.
RU9	330	8°09.59	62°50.104	Grabb II: Som I
RU9	330	8°09.599	62°50.105	Grabb III: som I
RU9	330	8°09.60	62°50.10	Grabb IV: som I
RU1	330	8°09.10	62°50.05	Grabbing. kl. 1743-1930. Tatt litt av hver grabb til Korn, TOC, metall og PCB7-prøver. Grabb 1: Ganske lik RU9, men fastere leire nedover i sedimentet, ellers olivenfarget tvers gjennom med et tynt topplag. Noe mark og skjell.
RU1	330			Grabb II: som I
RU1	330			Grabb III: som I
RU1	330			Grabb IV: som I. Til land kl. 20:30.
SU31	297m	8°20.18	62°46.97	24.4.03. Sol, laber bris. Blåste opp utover dagen. kl. 0955. Korn, TOC, Metaller. Brukte Van-veen grabb Full grabb, brunt tynt topplag, olivenfarget siltig leire. Lettspylt.
RU3	317	8°14.55	62°48.14	kl. 1058. Korn, TOC, Metaller. Brukte Van-veen grabb Full grabb, brunt tynt topplag, olivenfarget siltig leire. Lettspylt.
RU4	326	8°12.235	62°49.175	Grabbing. kl. 1150-1330. Tatt litt av hver grabb til Korn, TOC, metaller. Grabb 1: olivenfarget tvers gjennom, fast siltig leire. Muslinger.
RU4	326			Grabb II: noe brunere overflate ellers lik I. Sjøpølse, muslinger, noe organisk materiale i bunn. ASU sørget heretter for at vi lå riktig på hver grabb og corer. Derfor ingen posisjoner annet enn det som ble bestemt på forhånd.
RU4	326			Grabb III: Brunt topplag, ellers lik I, noe fastere i bunn av grabben.
RU4	326			Grabb IV: som III.

RU2	310	8°10.43	62°49.97	Grabbing. kl. 1347-1530. Tatt litt av hver grabb til Korn, TOC, metaller og PCB7. Grabb 1: olivenfarget med brunt topplag. Muslinger, sjøstjerner, mark, lik RU9.
RU2	310			Grabb II: som I.
RU2	310			Grabb III: som I, men med noen stein og trebiter. Tatt bilde (71)
RU2	310			Grabb IV: som I. Tatt bilde (bilde 70)
RU2 MTS	328			Corer. Niemestö. kl. 1557-1650. Tatt prøver til Korn/TOC, metaller og PCB7. på 0-1 cm, 1-3, 3-5, 5-7 og 7-9 cm snitt. Ingen lukt. Grått nedover i sedimentet og fastere lengre ned, ellers lik grabb. Blåste opp så vi gav oss etter ett bomskudd på RU9. Forts. imorgen.
RU1 MTS	330	8°09.10	62°50.05	25.4.03. Helt stille og sol. Corer. Niemestö. kl. 0940-1000. Tatt prøver til Korn/TOC, metaller og PCB7. på 0-1 cm, 1-3, 3-5, 5-7 og 7-9 cm snitt. Ingen lukt. Grått nedover i sedimentet og fastere lengre ned, ellers lik grabb på RU1.
RU9 MTS	335	8°09.60	62°50.10	Corer. Niemestö. kl. 0940-1000. Tatt prøver til Korn/TOC, metaller og PCB7. på 0-1 cm, 1-3, 3-5, 5-7 og 7-9 cm snitt. Ingen lukt. Grått nedover i sedimentet og fastere lengre ned, ellers lik grabb på RU9.
AF7	194	08°07.91	62°50.75	kl. 11-1115. Grabb 1. Sterk lukt (H <sub>2</sub> S + kloakk). Nesten ikke liv, noen mark og muslinger.
AF12	297			kl. 1115-1147. 1 bomskudd, steinbunn - ingen prøve
AF2	110	08°07.74	62°50.57	Kl. 1147-1200. Grabb 1. 1 bomskudd, Neste grabb nesten tom. Prøven er ikke representativ, men tok ut det som var mulig til metall og TOC, fikk ikke fauna-prøve. Metallprøven kan kanskje brukes?
AF6	196	08°07.94	62°50.60	kl. 1200-1245. 1 bomskudd, fjellbunn. Fikk en grabb med noe i bunn, tok ut til metallprøve og la noe av det som var i grabben i bunn av en bøtte, (ingen fauna-prøve), usikker på om dette er en representativ metall-prøve.
AF11	300	08°08.31	62°50.60	kl. 1249-1315. Grabb 1. Sterk lukt (H <sub>2</sub> S + kloakk). Nesten ikke liv, noen muslinger, ellers lite liv. partikler fra gruve?. Fin prøve.
AF10	290	08°08.31	62°50.38	kl. 1320-13-45. 2 bomskudd. - ingen prøve Rakk ikke flere av ekstragrabbene.
SU32	310	8°07.27	62°56.27	kl. 1440-1500. Korn, TOC, Metaller, PCB7. Brukte Van-veen grabb Full grabb, olivenfarget siltig leire tvers igjennom. Lettspylt. Ser ut som de andre grabbene på 300 m dyp. Fin prøve. Iland kl. 1730 pakket utstyr, reiste fra brygga kl. 1830. Alt i alt synes toktet å være vellykket og gode prøver.  Lise 28.4.03.

**Vedlegg D. Observasjoner i de forskjellige  
dypintervall (dypere enn 2 m) fra videofilming i juni  
2003.** Arter i uthevet skrift var vanligst på respektive dyp (se  
artskodeforklaring, Vedlegg E. )

DYP (m)	St 5	St 6	St 1	St 2	St 3	St 7
5	MARGL ECHAC ECHES <b>POMTR</b> MODMO STRDR ASTRU CHOTO MEMME	<b>DESAC CHOTO</b> <b>ECTOX</b> CLADZ CERAM <b>ASPTU</b> <b>SPEPA</b> CORAX	<b>CLADZ ENTEZ</b> <b>CERAM ASTRU</b> CORAX PORLX MYTED ECTOX SPEPA BALBA	BUCUN <b>CERAM</b> STISO DESAC ECTOX CLADZ <b>ENTEZ</b> ASTRU HYDRX CHOFI	POMTR DESAC <b>ENTEZ CLADZ</b> HYDRX ECTOX TUNIX ASTRU MYTED LAMSA ELEPI LITLI <b>CERAM</b>	DESAC CORAX ECHES CHOFI MARGL POLVR ASTRU <b>CLADZ</b> <b>ENTEZ</b> ASTRU MYTED
10	<b>DESAC POMTR</b> CORAX STISO CHOFI ENTOX CERAM MODMO ECHES ECHAC	ECHAC <b>DESAC</b> CHOTO STISO DICFO ECTOX POMTR	DESAC ASTRU MODMO POMTR CHAME <b>CERAM</b> HYDRX PORIX ENTEZ CLADZ	CORAX DESAC CLADZ ASTRU HYDRX PORIX BUCUN	<b>ENTEZ CLADZ</b> DIAKJ DESAC LAMSA SPIRZ CERAM	ECHAC CORAX DESAC POMTR MARGL PORIX ASTRU STISO
15	STISO <b>DESAC</b> BIVAL STITR CORNU ASTRU POMTR CORAX	<b>DESAC</b> STISO BALBA	DESAC MODMO LAMSA SPIRZ CORAX SPEPA CERAM	POMTR DESAC CERAM DIAKJ ASTRU HYDRX	<b>ENTEZ DESAC</b> POMTR HYDRX ASCVI ASCSC BALBA	<b>CERAM</b> PORIX POMTR CORAX ASCME MUNIX ASTRU DESAC ECHAC PARTR HYDRX ASCVI CORAX ASCME <b>CERAM</b> PORIX ECHAC GADMO DIAKJ
20	<b>CORNU</b> POMTR CORAX MODMO BIVAL <b>STISO</b> STITR <b>DESAC</b> OPHIX HYDRX ECHAC POMTR ASCVI ASTRU TUNIX MODMO TUNPE STISO CORAX	DIAKJ STISO CYANO CYPIS DESAC ASCVI POMTR CORAX HYDRX ASTRU	BUCUN DESAC STISO ECTOX	DESAC DIAKJ POMTR CERAM	POMTR HYDRX DIAKJ <b>ENTEZ</b>	
25	ECHAC POMTR ASCVI ASTRU TUNIX MODMO TUNPE STISO CORAX	CYPIS POMTR	MODMO DESAC CORAX GADMO	GADMO ASTRU	POMTR ASTRU <b>ENTEZ</b>	CORNU CORAX MUNIX DIAKJ POMTR
30	ECHAC POMTR ASCVI ASTRU TUNIX MODMO TUNPE STISO CORAX	DIAKJ	-	-	POMTR ASTRU <b>ENTEZ</b>	CORNU CORAX MUNIX DIAKJ HYDRX
35	POMTR CORAX TUNIX BIVAL	VIRMI	-	-	-	CORAX MODMO POMTR HYDRX CORNU MARGL POLVR
40	POMTR CORAX TUNIX BIVAL	VIRMI	-	CYANO	-	POMTR CORAX SEBVI ASCVI CORNU ASTRU ECHES BRYOX SABPA TUNIX BRYOX ASCME CERGR SEBMA ASCVI CORAX POMTR
45	POMTR CORAX TUNIX BIVAL	<b>VIRMI</b> APOPE PENPH	-	-	-	PORIX SERVE SABPA POMTR
50	CORAX BIVAL	APOPE <b>PENPH</b>	ASTRU	-	-	

## Vedlegg E. Liste over arter som ble funnet i 2003 samt arter fra fjæreundersøkelsene i 1993 som er inkludert i de statistiske beregningene.

Kode	Latinsk navn	Kode	Latinsk navn
AHNPL*	Ahnfeltia plicata	ENTEZ	Enteromorpha sp.
ANGIZ	Anguilla anguilla død	FUCSE	Fucus serratus
APOPE	Aporrhais pespelicani	FUCUZ	Fucus sp.
ASCME	Ascidia mentula	FUCVE	Fucus vesiculosus
ASCNO	Ascophyllum nodosum	GADMO	Gadus morhua
ASCSC	Ascidella scabra	HILRU	Hildenbrandia rubra
ASCVI	Ascidia virginea	HYDRX	Hydroida indet.
ASPTU	Asperococcus turneri	LABRZ	Labridae
ASTIR	Asteropecten irregularis	LAMHY	Laminaria hyperborea
ASTRU	Asterias rubens	LAMSA	Laminaria saccharina
AUDFL	Audouiniella floridula	LITLI	Littorina littorea
AUDOZ	Audouiniella sp.	MARGL	Marthasterias glacialis
BALAZ	Balanus sp.	MEMME	Membranipora membranacea
BALBA	Balanus balanus	MODMO	Modiolus modiolus
BIVAL	Bivalvia (skal rester)	MUNIX	Munidae
BRYOX	Bryozoa indet.	MYTED	Mytilus edulis
BUCUN	Buccinum undatum	OPHIX	Ophiuroidea indet.
CALIZ	cf. Callithamnion sp	PARTR	cf. Parasmittina trispinosa
CARMA	Carcinus maenas	PELCA	Pelvetia canaliculata
CERAM	Ceramiales	PENPH	Pennatula phosphorea
CERGR	Ceramaster granularis	PLEPL	Pleuronectes platessa
CERST	cf. Ceramium strictum	POLEL	Polysiphonia elongata
CHAME	Chaetomorpha melagonium	POLRT	Polyides rotundus
CHOCR	Chondrus crispus	POLVR	Pollachius virens
CHOFI	Chorda filum	POLYZ	Polysiphonia sp.
CHOTO	Chorda tomentosa	POMTR	Pomatoceros cf. triqueter
CLADZ	Cladophora sp.	PORIX	Porifera indet.
CLARU	Cladophora rupestris	PORPP	Porphyra purpurea
CORAX	Coralliniaceae indet.	PORPZ	Porphyra sp.
CORNU	Corymorpha nutans	RHOCO	Rhodomela confervoides
CRUPE	Cruoria pellita	SABPA	Sabella penicillus
CYANO	Cyanophyceae div. indet i SLAM	SEBVI	Sebastes viviparus
CYPIS	Arctica islandica	SERVE	Serpula vermicularis
DERMA	Derbesia marina	SPEPA	Spermatoxus paradoxus
DESAC	Desmarestia aculeata	SPIRZ	Spirorbis sp.
DIAKJ	diatome-kjede på fjell	SPLSU	Spirulina subsalsa
DICFO	cf. Dictyosiphon foeniculaceus	SPOTO	Spongonema tomentosum
DUMCO	Dumontia contorta	STISO	cf. Stictyosiphon soriferus
DYNPU	Dynamena pumila	STITR	Stichopus tremulus
ECHAC	Echinus acutus	STRDR	Strongylocentrotus droebachiensis
ECHEs	Echinus esculentus	TUNIX	Ascidaceae
ECTOx	Ectocarpales indet.	TUNPE	Turnerella pennyi
ECTOZ	Ectocarpus sp.	ULVLA	Ulva lactuca
ELAFU	Elachista fucicola	ULVOB	Ulvaria obscura
ELEPI	Electra pilosa	VIRMI	Virgularis mirabilis



## Vedlegg F. Gruppering av arter før statistiske analyser.

Gruppe	Sammenslåtte arter
AUDOZ	AUDOZ, AUDFL
ENTEZ	DERMA, ENTIN, ENTEZ
FUCVE	FUCUZ, FUCVE
POLYZ	RHOCO, POLEL, POLYZ
PORZ	, cf. PORPU, PORUM
ULVZZ	ULVOB, ULVUL, ULVLA

## Vedlegg G. Relativ forekomst av alle alger og dyr i fjæresonen i 0-3 m dyp i 1993 og 2003. Arter er sammenslått i overordnede grupper (Vedlegg E. )

Arter \ stasjoner	2003						1993			
	st 5	st 6	st 1	st 2	st 3	st 7	st 1	st 2	st 3	st 4
AHNPL	0	v	0	0	0	0	0	1	2	0
ANGIZ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ASCNO	4	4	2	1	1	4	2	3	4	4
ASTRU	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0
AUDOZ	0	2	3	0	0	4	0	4	6	0
BALAZ	3	3	2	2	2	0	0	3	0	0
CARMA	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
CERAM	0	0	4	3	4	2	0	0	0	0
cf.ASTIR	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
cf.CALIZ	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
cf.CERST	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
CHOCR	3	3	2	0	0	3	0	3	3	3
CHOFI	0	0	2	0	2	3	0	0	0	0
CLADZ	2	2	2	3	0	2	0	3	3	0
CLARU	3	3	3	0	0	3	0	2	0	3
CORAX	2	0	0	0	0	4	0	0	0	4
CRUPE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
CYANO	0	0	0	3	3	0	3	4	0	0
DESAC	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
DUMCO	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0

DYNPU	0	3	3	0	0	4	0	0	0	0
ECHAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
ECTOZ	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0
ELAFU	0	0	3	2	0	2	0	0	0	0
ENTEZ	2	3	4	4	0	3	3	7	3	0
FUCSE	3	3	0	0	2	3	0	2	2	3
FUCSP	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
FUCVE	4	4	3	2	3	4	0	1	3	3
HILRU	3	3	3	0	0	3	0	0	0	0
LABRZ	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0
LAMHY	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
LITLI	2	2	0	0	0	2	0	2	0	0
MEMME	2	2	0	0	2	2	0	0	0	2
MODMO	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
MYTED	2	2	3	3	3	0	4	3	3	0
PELCA	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2
PLEPL	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
POLRT	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
POLYZ	0	0	0	0	0	3	0	2	3	0
PORPZ	0	0	3	2	3	2	2	0	2	0
SPHPL	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
SPHRA	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
SPLSU	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
SPOTO	2	2	3	0	2	0	0	0	0	0
ULVUL	0	0	2	2	0	0	3	3	0	0
SUM	44	53	55	33	33	69	21	51	45	33